

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Hrvoje Halusek**

Zagreb, 2014.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Analiza EU direktiva i ECE pravilnika o  
električnom pogonu vozila kao i o pogonu na  
vodik**

Mentor:

Prof. dr. sc. Zoran Lulić, dipl. ing.

Student:

Hrvoje Halusek

Zagreb, 2014.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se voditelju rada prof. dr.sc. Zoranu Luliću na savjetima i pomoći.

Hrvoje Halusek



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Hrvoje Halusek**

Mat. br.: 0035169661

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku:

**Analiza EU direktiva i ECE pravilnika o električnom pogonu vozila kao  
i o pogonu na vodik**

Naslov rada na  
engleskom jeziku:

**Analysis of the EU Directives and ECE Regulations for the Electric  
Drive Vehicles and Hydrogen Powered Motor Vehicles**

Opis zadatka:

Posljednjih godina na tržištu se pojavljuje sve više vozila koji koriste alternativne pogonske sustave. To je rezultiralo i porastom broja propisa koji se odnose upravo na ta vozila i njihove specifične komponente, koje ne postoje kod vozila s konvencionalnim pogonskim sustavima.

U okviru završnog rada treba:

- Napraviti pregled EU direktiva i ECE pravilnika koje se odnose na električni pogon vozila (uključujući baterije, elektromagnetsku kompatibilnost, zbrinjavanja vozila, ...).
- Pregled EU direktiva i ECE pravilnika koji se odnose na pogon vozila vodikom (uključujući spremnike i cjelokupne instalacije, zbrinjavanja vozila, ...).
- Dati usporedbu propisa za obje vrste pogona.
- Dati tablični i shematski prikaz zahtijeva iz propisa nužnih da bi se vozilo homologiralo.
- Dati poseban osvrt za slučajeve takvih preinaka postojećih vozila s konvencionalnim pogonom u navedene alternativne pogonske sustave.

Pri izradi se treba pridržavati pravila za izradu završnog rada. U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

11. studenog 2013.

Zadatak zadao:

*Prof. dr. sc. Zoran Lulić*

Rok predaje rada:

1. rok: 21. veljače 2014.  
2. rok: 12. rujna 2014.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 3., 4. i 5. ožujka 2014.  
2. rok: 22., 23. i 24. rujna 2014.

Predsjednik Povjerenstva:

*Prof. dr. sc. Igor Balen*

Referada za diplomske i završne ispite

Obrazac DS - 3A/PDS - 3A

# **Sadržaj**

1. Uvod .....	1
2. Homologacija motornih vozila .....	2
2.1. EU Direktive i Uredbe o homologaciji motornih vozila .....	2
2.2. ECE Pravilnici o homologaciji motornih vozila .....	2
3. Pregled EU direktiva i ECE pravilnika koji se odnose na električni pogon vozila .....	5
3.1. Elektromagnetska kompatibilnost .....	5
3.2. Uređaji za upravljanje .....	7
3.2.1. Ispitivanje čelnog sudara sa zaprekom .....	7
3.2.2. Ispitivanje ispitnim tijelom .....	7
3.2.3. Ispitivanje udarnom napravom .....	8
3.2.4. Usklađenost električnih vozila s direktivom .....	8
3.3. Kočenje vozila .....	9
3.3.1. Usklađenost direktive s električnim vozilima .....	9
3.4. Buka vozila .....	9
3.4.1. Usklađenost električnih vozila sa direktivom .....	10
3.5. Snaga motora .....	10
3.5.1. Usklađenost električnih vozila s direktivom .....	10
3.6. Emisije štetnih tvari .....	11
3.6.1. Usklađenost električnih vozila s direktivom .....	12
3.7. Električni pogon .....	13
3.7.1. IEC 62196 norma za punjače električnih vozila .....	13
3.7.2. Zaštita od strujnog udara .....	17
3.7.3. Sustave za pohranu energije s mogućnošću ponovnog punjenja .....	19
3.7.4. Sigurnosni zahtjevi .....	19
3.7.5. Određivanje emisije vodika kod punjenja .....	19
3.8. Baterije .....	21
3.8.1. Usklađenost direktive sa električnim vozilima .....	21
3.9. Zbrinjavanje vozila .....	22
3.9.1. Usklađenost električnih vozila s direktivom .....	23
4. Pregled EU direktiva i ECE pravilnika koji se odnose na pogon vozila vodikom .....	24
4.1. Stlačeni vodik .....	25
4.1.1. Opći zahtjevi .....	25
4.1.2. Priključak za punjenje .....	25
4.1.3. Spremnik .....	27
4.1.4. Dijelovi pogona na vodik osim spremnika .....	31
4.2. Tekući vodik .....	34
4.2.1. Opći zahtjevi .....	34
4.2.2. Spremnik .....	35
4.2.3. Dijelovi pogona na vodik osim spremnika .....	37

5. Usporedba propisa za obje vrste pogona .....	40
6. Shematski prikaz zahtijeva iz propisa nužnih da bi se vozilo homologiralo .....	41
7. Preinaka postojećih vozila s konvencionalnim pogonom u alternativne pogonske sustave	43
Zaključak .....	45
LITERATURA .....	46

## Popis slika

<i>Slika 3.1. Shematski prikaz pravilnika koji se odnose na električna vozila</i> .....	5
<i>Slika 3.2. Ispitno tijelo (lutka) [4]</i> .....	7
<i>Slika 3.3. Udar na naprava [4]</i> .....	8
<i>Slika 3.4. Smanjivanje dopuštenih emisija u EU [8]</i> .....	12
<i>Slika 3.5. Priključak i utičnica prema SAE J1772-2009 [13]</i> .....	15
<i>Slika 3.6. Priključak i utičnica prema VDE-AR-E 2623-2-2 [14]</i> .....	15
<i>Slika 3.7. Priključak i utičnica „EV Plug Alliance Liberia“ [15]</i> .....	16
<i>Slika 3.8. Oznaka visokonaponske opreme [10]</i> .....	17
<i>Slika 3.9. Ispitne sonde za ispitivanje stupnja zaštite [10]</i> .....	18
<i>Slika 3.10. Shematski prikaz procesa određivanja emisije vodika tijekom postupka napajanja pogonske baterije [10]</i> .....	20
<i>Slika 3.11. Simbol za odvojeno skupljanje baterija, akumulatora i baterijskih sklopova [16]</i> .....	22
<i>Slika 3.12. Shematski prikaz procesa zbrinjavanja vozila [17]</i> .....	23
<i>Slika 4.1. Shematski prikaz strukture Uredbe br. 406/2010</i> .....	24
<i>Slika 4.2. Oznaka za vozila s pogonom na vodik koja upotrebljavaju stlačeni (plinoviti) vodik [18]</i> .....	25
<i>Slika 4.3. Priključak za punjenje vodikom H35 [18]</i> .....	26
<i>Slika 4.4. H35HF (veliki protok za uporabu u gospodarskim vozilima) [18]</i> .....	26
<i>Slika 4.5. Priključak za punjenje vodika H70 [18]</i> .....	27
<i>Slika 4.6. Oznaka za vozila s pogonom na vodik koja upotrebljavaju tekući vodik [18]</i> .....	34
<i>Slika 4.7. Primjer spremnika za uporabu tekućeg vodika tvrtke Linde Gas [19]</i> .....	35
<i>Slika 7.1. Shematski prikaz propisa koji se odnose na preinake u električno vozilo</i> .....	43
<i>Slika 7.2. BMW serije 7 „Hydrogen“ [20]</i> .....	44

## Popis tablica

<i>Tablica 2.1. Popis važećih Direktiva/Uredba i Pravilnika za električna vozila .....</i>	<i>3</i>
<i>Tablica 2.2. Popis važećih direktiva/uredba za pogon vozila na vodik .....</i>	<i>3</i>
<i>Tablica 2.3. Kategorije vozila na cestama [2] .....</i>	<i>4</i>
<i>Tablica 3.1. Primjenjive metode ispitivanja elektromagnetske kompatibilnosti za električna vozila [3] .....</i>	<i>6</i>
<i>Tablica 3.2. Pomoćna oprema koji se koristi kod mjerenja neto snage električnih vozila [7] .....</i>	<i>11</i>
<i>Tablica 3.3. Najveće vrijednosti struje i napone kod tipova punjenja [12] .....</i>	<i>14</i>
<i>Tablica 4.1. Primjenjive metode ispitivanja za spremnike za vodik namijenjene za uporabu stlačenog vodika [18] .....</i>	<i>28</i>
<i>Tablica 4.2. Primjenljivi postupci ispitivanja za komponente vozila na vodik, osim spremnika, namijenjene za uporabu stlačenog goriva [18] .....</i>	<i>32</i>
<i>Tablica 4.3. Primjenjive metode ispitivanja za spremnike za vodik namijenjene za uporabu tekućeg vodika [18] .....</i>	<i>35</i>
<i>Tablica 4.4. Primjenljivi postupci ispitivanja za komponente vozila na vodik, osim spremnika namijenjene za uporabu tekućeg vodika [18] .....</i>	<i>37</i>
<i>Tablica 5.1. Usporedba propisa za obje vrste pogone .....</i>	<i>40</i>
<i>Tablica 7.1. Usporedba prosječne potrošnje goriva BMW-a serije 7 „Hydrogen“ [20] .....</i>	<i>44</i>



**Popis kratica**

EZ	Europska Zajednica
EU	Europska Unija
UNECE	<i>United Nations Economic Commission for Europe</i>
RESS	<i>Rechargeable energy storage system</i>
ESA	<i>Electrical/electronic sub-assembly</i>
ISO	International Standardization Organization
CVT	<i>Continuously Variable Transmission</i>
NEDC	<i>New European Driving Cycle</i>
LVD	<i>Low voltage Directive</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
CARB	<i>California Air Resources Board for charging stations of electric vehicles</i>
AC	<i>Alternating current</i>
DC	<i>Direct current</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
VDE	<i>Verband der Elektrotechnik</i>
MAWP	<i>Maximum Allowable Working Pressure</i>

**Popis oznaka**

Oznaka	Jedinica	Opis
$V$	$\text{cm}^3$	Volumen
$P$	kW	Snaga
$v$	km/h	Brzina
$m$	kg	Masa
$V$	l	Litra
$G$	Wh/km	Potrošnja električne energije
$U$	V	Napon
$I$	A	Struja
$f$	Hz	Frekvencija
$R$	$\Omega$	Otpor
$T$	K	Temperatura
$\vartheta$	$^{\circ}\text{C}$	Temperatura
$p$	MPa	Tlak
$G_{100\text{km}}$	l/100km	Potrošnja goriva
$l$	km	Domet

## **Sažetak**

Posljednjih godina na tržištu pojavljuju se sve više vozila koja koriste alternativne pogonske sustave. To je rezultiralo porastom broja propisa koji se odnose upravo na ta vozila i njihove specifične komponente, koje ne postoje kod vozila s konvencionalnim pogonskim sustavima. U Završnom radu su analizirane sve Direktive Europske Unije kao i Pravilnici Ujedinjenih Naroda koji se odnose na električni pogon vozila kao i pogon na vodik. U prvom dijelu rada su definirane Direktive i Uredbe, kao i njihove razlike te ECE pravilnici. Slijedi pregled i opis metoda ispitivanja za dijelove i sustave koje koriste navedena vozila. Zahtjevi za homologaciju vozila koji proizlaze iz analiziranih propisa shematski su prikazani za oba pogona. Na kraju rada dan je poseban osvrt za preinake postojećih vozila s konvencionalnim pogonom u navedene alternativne pogonske sustave kao i shematski prikaz pravilnika koji bi mogli pomoći svima koji se upuštaju u preinake.

## 1. Uvod

Ugovor o Europskoj zajednici (EZ) u članku 249. predviđa pet vrsta akata temeljem kojih se pravno uređuju politike za koje je nadležna Zajednica. Te su tri vrste pravno obvezujućih akata uredbe, direktive i odluke, a dvije vrste akata koji ne obvezuju jesu preporuke i mišljenja. Tako je danas jasno da su uredbe akti kojih je svrha ujednačivanje prava država članica, tj. zamjena postojećih nacionalnih pravnih normi u svim državama zajedničkom europskom. Zbog toga uredbe ne treba, točnije ne smiju se, ugrađivati u nacionalno pravo, već se one primjenjuju izravno kao europski akti temeljem objave u Službenom listu Europske Unije. Uredbe su u pravilu cjeloviti pravni akti, no ako same predviđaju nužnost donošenja dodatnih provedbenih mjera, države su obvezne tražene mjere i usvojiti. Budući da uredbe zamjenjuju nacionalne pravne norme, države su obvezne ukinuti do tada postojeće norme svog pravnog poretka koje su u koliziji s uredbama.

Direktiva je, uz uredbu, najvažniji pravni akt Europske unije (EU). Direktiva obvezuje u pogledu rezultata koji se njome ostvaruje, ali nacionalnim vlastima prepušta izbor forme i metode provedbe. Za razliku od uredbe, direktiva služi približavanju, a ne potpunomu ujednačivanju prava država članica Unije. Zato se direktivom zadaje cilj koji se mora postići, dok su države članice obvezne prenijeti direktivu u svoj nacionalni sustav, birajući pritom formu (zakon, podzakonski akt i sl.). Direktive Europske unije mogu u pravnim porecima država članica proizvoditi učinke bilo izravno bilo posredno. Izravni učinak znači da direktiva kao takva, bez potrebe da je se pretvori u normu internog prava, stvara ili mijenja pravne odnose u državama članicama. Izravni učinak zahtjeva primjenu direktive čak i ako to za posljedicu ima istovremenu neprimjenu interne norme koja je s direktivom u koliziji, te bez obzira na to o kakvoj se vrsti interne norme radi (zakonu, podzakonskom aktu, pa čak i normi ustavnog karaktera). Za razliku od ostalih normi prava Unije, Direktive mogu izravno stvoriti subjektivna prava samo u tzv. vertikalnim odnosima – u kojima je nositelj prava pojedinac, a nositelj korelativne obveze država. U odnosima između dvaju pojedinaca (fizičkih osoba ili pravnih osoba privatnog prava) kao i u obrnutim vertikalnim odnosima, gdje je država nositelj prava a pojedinac nositelj obveze, direktiva ne može sama, bez provođenja u interno pravo, dodijeliti pravo odnosno stvoriti obvezu.

## 2. Homologacija motornih vozila

Homologacija vozila je postupak ocjenjivanja i potvrđivanja da li je vozilo u cjelini, ili neki njegov dio ili oprema odgovara zahtjevima Direktiva i Uredba Europske Unije odnosno UN ECE (engl. *United Nations Economic Commission for Europe*) Pravilnike. Homologacija je preduvjet za stavljanje vozila na tržište. Udovoljavanje homologacijskim uvjetima dokazuje se homologacijskim odobrenjem. [1]

### 2.1. EU Direktive i Uredbe o homologaciji motornih vozila

Svi europski propisi za homologaciju vozila temelje se na EU Direktivama. Okvirna (engl. *framework*) Direktiva navodi niz zasebnih tehničkih smjernica koje vozilo mora ispunjavati kako bi se vozilo homologiralo. Okvirna direktiva ujedno sadrži ECE Pravilnike koji se smatraju prihvatljivom alternativom određenih EU Direktiva. Sustav homologacije je uveden prvi puta 1970. godine kroz Direktivu 70/156 i postao je obavezan za M1 kategoriju vozila u 1998. godini. Direktiva 70/156 je sadržavala klauzulu o izuzeću (u članku 8.) za vozila s novim tehnologijama i konceptima koja se zbog svoje prirode pridržavaju različitim Direktivama i Uredbama. Direktivom 2007/46 je ukinuta takva zabrana (u članku 20.) gdje se dozvoljava državama članicama homologacija vozila koja primjenjuju nove tehnologije.

### 2.2. ECE Pravilnici o homologaciji motornih vozila

ECE pravilnici su pravilnici za homologaciju sustava vozila i zasebnih komponenti, ali ne vozila kao cjeline. Većina pravilnika kopira EU direktive, dok su neki unaprijeđeniji od direktiva. Nekoliko ECE pravilnika je izmijenjeno i dopunjeno da sadržavaju određene zahtjeve za električna vozila. To su: Pravilnik ECE R-12 (upravljivost), R-13 i 13-H (kočenje), R-51 (buka), R-85 (snaga motora) i R-101 (emisija CO<sub>2</sub>). Tu je i pravilnik R-100 koji postavlja specifične odredbe za pogon električnih vozila. Pravilnik određuje minimalne zahtjeve za zaštitu korisnika od strujnog udara, sustave za pohranu energije s mogućnošću ponovnog punjenja (RESS, engl. *Rechargeable energy storage system*), sigurnosne zahtjeve i dopuštene emisije vodika tijekom punjenja baterija električnog vozila.

Tablica 2.1. Popis važećih Direktiva/Uredba i Pravilnika za električna vozila

Kategorija	EU Direktiva/Uredba	Pravilnik ECE
Elektromagnetska kompatibilnost		R-10
Uređaji za upravljanje		R-12
Kočenje vozila		R-13H
Buka vozila	2007/34	
Snaga motora		R-85
Emisije štetnih tvari		R-101
Električni pogon		R-100
Baterije	2006/46	
Zbrinjavanje vozila	2000/53	

Tablica 2.2. Popis važećih direktiva/uredba za pogon vozila na vodik

Kategorija	EU direktiva/uredba	Pravilnik ECE
Pogon na Vodik	79/2009 i 406/2010	

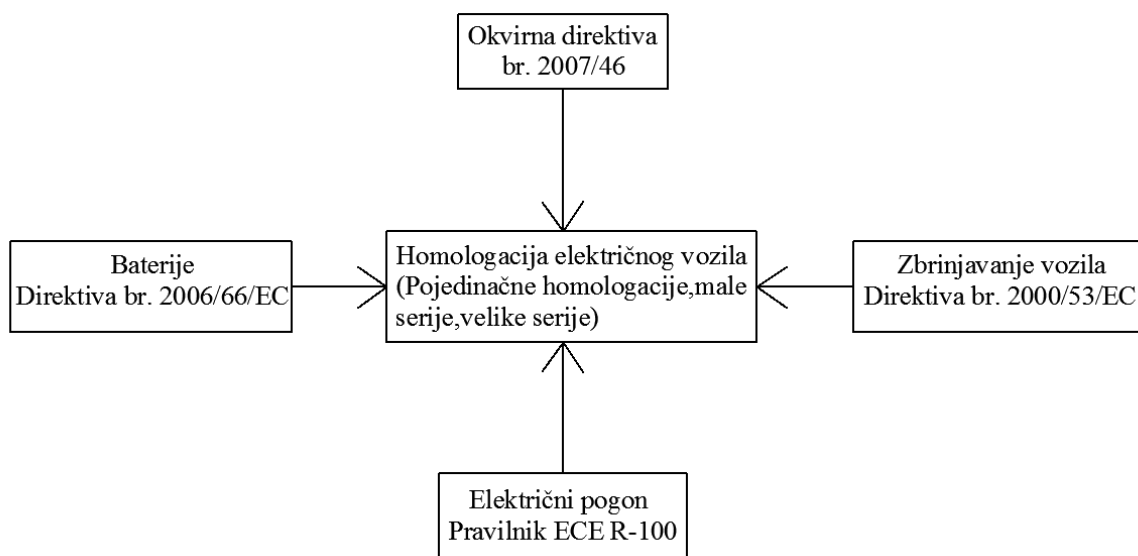
Pravilnikom o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama definirane su kategorije vozila u tablici 2.3.

Tablica 2.3. Kategorije vozila na cestama [2]

Oznaka kategorije	Opis kategorije
<b>L</b>	MOPEDI, MOTOCIKLI, LAKI ČETVEROCIKLI I ČETVEROCIKLI
L1	Motorna vozila s 2 kotača (mopedi), radnog obujma motora $\leq 50 \text{ cm}^3$ , ili kod elektromotora najveće trajne nazivne snage $\leq 4 \text{ kW}$ i brzine $\leq 50 \text{ km/h}$
L2	Motorna vozila s 3 kotača (mopedi), radnog obujma motora $\leq 50 \text{ cm}^3$ , ili kod elektromotora najveće trajne nazivne snage $\leq 4 \text{ kW}$ i brzine $\leq 50 \text{ km/h}$
L3	Motorna vozila s 2 kotača (motocikli), radnog obujma motora $> 50 \text{ cm}^3$ ili brzine $> 50 \text{ km/h}$
L4	Motorna vozila s 2 kotača i bočnom prikolicom (motocikli s bočnom prikolicom), radnog obujma motora $> 50 \text{ cm}^3$ ili brzine $> 50 \text{ km/h}$
L5	Motorna vozila s 3 kotača, simetrično postavljena s obzirom na uzdužnu os vozila (motorni tricikli), radnog obujma motora $> 50 \text{ cm}^3$ ili brzine $> 50 \text{ km/h}$
L6	Motorna vozila s 4 kotača (laki četverocikli), čija je masa praznog vozila $\leq 350 \text{ kg}$ što ne uključuje masu baterija kod električnih vozila čija je najveća konstrukcijska brzina $\leq 45 \text{ km/h}$
L7	Motorna vozila s 4 kotača osim lakih četverocikla (četverocikli), čija je masa praznog vozila $\leq 400 \text{ kg}$ ( $550 \text{ kg}$ za vozila za prijevoz tereta), što ne uključuje masu baterija kod električnih vozila i čija najveća neto snaga motora je $\leq 15 \text{ kW}$ .
<b>M</b>	OSOBNi AUTOMOBILI I AUTOBUSI Motorna vozila za prijevoz osoba s najmanje 4 kotača
M1	Motorna vozila za prijevoz osoba koja osim sjedala za vozača imaju još najviše 8 sjedala
M2	Motorna vozila za prijevoz osoba koja osim sjedala za vozača imaju više od 8 sjedala i najveće dopuštene mase $\leq 5000 \text{ kg}$
M3	Motorna vozila za prijevoz osoba koja osim sjedala za vozača imaju više od 8 sjedala i najveće dopuštene mase $> 5000 \text{ kg}$
<b>N</b>	TERETNI AUTOMOBILI Motorna vozila za prijevoz tereta s najmanje 4 kotača
N1	Motorna vozila za prijevoz tereta najveće dopuštene mase $\leq 3500 \text{ kg}$
N2	Motorna vozila za prijevoz tereta najveće dopuštene mase $> 3500 \text{ kg}$ ali $\leq 12000 \text{ kg}$
N3	Motorna vozila za prijevoz tereta najveće dopuštene mase $> 12000 \text{ kg}$
<b>O</b>	PRIKLJUČNA VOZILA Prikolice uključujući i poluprikolice
O1	Priključna vozila najveće dopuštene mase $\leq 750 \text{ kg}$
O2	Priključna vozila najveće dopuštene mase $> 750 \text{ kg}$ ali $\leq 3500 \text{ kg}$
O3	Priključna vozila kojima je najveća dopuštena masa $> 3500 \text{ kg}$ ali $\leq 10000 \text{ kg}$
O4	Priključna vozila kojima je najveća dopuštena masa $> 10000 \text{ kg}$
<b>T</b>	TRAKTOR Motorna vozila opremljena kotačima, s najmanje dvije osovine, koji ima konstrukcijsku brzinu veću od $6 \text{ km/h}$ i čija je glavna funkcija da vuče, gura, nosi ili pokreće određena oruđa, strojeve ili prikolice namijenjene poljoprivredi odnosno radu u šumi.

### 3. Pregled EU direktiva i ECE pravilnika koji se odnose na električni pogon vozila

Slikom 3.1. shematski su prikazane EU Direktive i ECE Pravilnici koji se odnose na homologaciju vozila na električni pogon.



Slika 3.1. Shematski prikaz pravilnika koji se odnose na električna vozila

#### 3.1. Elektromagnetska kompatibilnost

Direktiva 72/245 (s izmjenama i dopunama), određuje minimalne zahtjeve elektromagnetske kompatibilnosti za vozila kao cjeline te za električne/elektroničke podsklopove (ESA, engl. *Electrical/electronic sub-assembly*) tj. sastavni dijelovi ili zasebne tehničke jedinice namijenjene za ugradnju u vozila. Također uključuje zahtjeve koji se odnose na kontrolu emitiranih smetnji vozila, ali i zaštitu samog vozila na vanjske emitirane smetnje. Uskopojasne emisije su prvenstveno one emisije koje proizvode elektronički sklopovi ugrađeni u samo vozilo. Metode ispitivanja su navedene u nizu dodataka prema ISO normi. Pravilnik ECE R-10 je ekvivalent Direktivi te su njegovi zahtjevi gotovo jednaki. Pravilnik R-10 pokriva kategorije vozila L, M, N i O a direktiva samo kategorije M, N i O. Direktiva 72/245 vrijedi do 1. studenog 2014. godine (Uredba 661/2009). Od tog datuma, pravilnik R-10 će biti jedini akt za dobivanje homologacije vozila o odnosu na elektromagnetsku kompatibilnost.



Pravilnik R-10 obuhvaća:

- a) Zahtjeve koji se odnose na zaštitu vozila od elektromagnetskih smetnji ali i zaštite vozača, putnika ili drugih sudionika u prometu.
- b) Zahtjeve koji se odnose na nadzor neželjenih elektromagnetskih smetnji u susjednim ili bliskim vozilima te na smetnje od opreme koja se može naknadno ugraditi u vozilo.
- c) Dodatne zahtjeve za vozila koja imaju sustave spajanja za napajanje opreme RESS-a vezano uz nadzor elektromagnetskih smetnji i zaštitu vozila i električne mreže.

Tablicom 3.1. prikazane su metode ispitivanja u Pravilniku R-10 koje se odnose na električni pogon vozila.

Tablica 3.1. Primjenjive metode ispitivanja elektromagnetske kompatibilnosti za električna vozila [3]

Metoda ispitivanja	Primjenjiva na električna vozila
Metoda mjerenja zračenih širokopojsnih elektromagnetskih emisija iz vozila	✓
Metoda mjerenja zračenih uskopojasnih elektromagnetskih emisija iz vozila	✗
Metoda ispitivanja otpornosti vozila na elektromagnetsko zračenje	✓
Metoda mjerenja zračenih širokopojsnih elektromagnetskih emisija električnih/elektroničkih podsklopova	✓
Metoda mjerenja zračenih uskopojasnih elektromagnetskih emisija iz električnih/elektroničkih podsklopova	✓
Metoda ispitivanja otpornosti električnih/elektroničkih podsklopova na elektromagnetsko zračenje	✓
Metoda ispitivanja prolaznih elektromagnetskih zračenja električnih/elektroničkih podsklopova i otpornosti na njih	✓
Metoda ispitivanja emisije harmonika koje nastaju na električnim vodovima za izmjeničnu struju u vozilu	✓
Metoda ispitivanja emisije naponskih promjena, naponskih kolebanja i treperenja na vodovima za izmjeničnu struju iz vozila	✓
Metoda ispitivanja emisije radiofrekvencijskih vođenih smetnji na vodovima za izmjeničnu ili istosmjernu struju iz vozila	✓
Metoda za ispitivanje emisije radiofrekvencijskih vođenih smetnji na mrežnim i telekomunikacijskim priključcima vozila	✓
Metoda za ispitivanje otpornosti vozila prema brzim tranzijentima i rafalima na električnim vodovima za izmjeničnu i istosmjernu struju	✓

### 3.2. Uređaji za upravljanje

Direktivom 74/297 (s izmjenama i dopunama) se uspostavlja niz tehničkih zahtijeva za ponašanje upravljačkog mehanizma i zaštite vozača u slučaju frontalnog sudara. Primjenjiva je za M1 i N1 kategorije vozila koja imaju masu manju od 1500 kg. Tehnički zahtjevi uključuju tri metode ispitivanja:

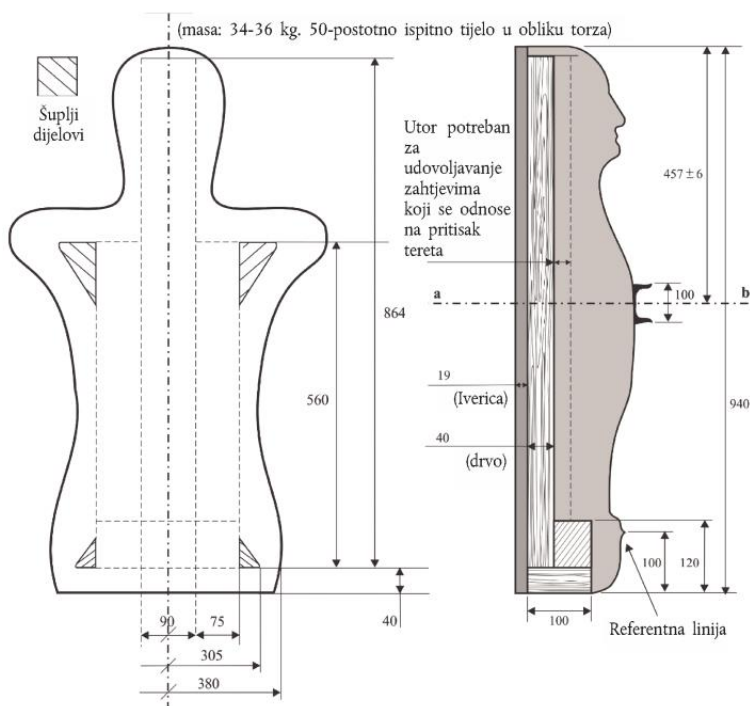
- Ispitivanje čelnog sudara s zaprekom
- Ispitivanje ispitnim tijelom
- Ispitivanje udarnom napravom

### 3.2.1. Ispitivanje čelnog sudara sa zaprekom

Navedeni postupak sastoji se od sudara vozila i krute zapreke brzinom između 48,3 km/h i 53,1 km/h. Zapreka se mora prostirati cijelom širinom vozila te se u postupku ne koristi ispitno tijelo (lutka) koje je prikazano na slici 3.2. Također se postavljaju graničnici koji onemogućuju okret upravljača tijekom testiranja.

### 3.2.2. Ispitivanje ispitnim tijelom

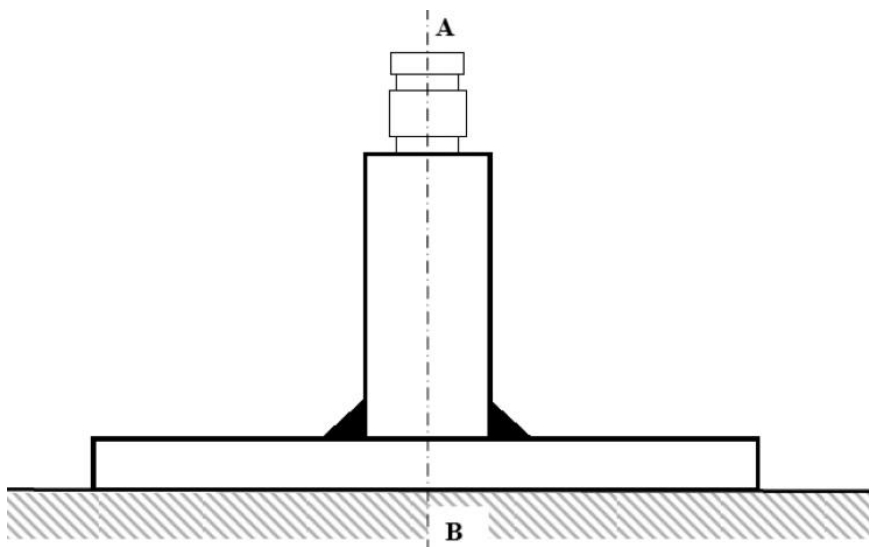
Ispitno tijelo mora udariti u uređaj za upravljanje brzinom od 24,1 km/h. Međutim, ispitivanje se mora smatrati zadovoljavajućim ako je ispitivanje provedeno većom brzinom udara i ako je naprava za upravljanje zadovoljila propisane zahtjeve.



*Slika 3.2. Ispitno tijelo (lutka) [4]*

### 3.2.3. Ispitivanje udarnom napravom

Udarne naprave mora udariti uređaj za upravljanje brzinom 24,1 km/h, tu brzinu treba postići energijom potiska ili uporabom dodatnog pogonskog uređaja. Udarne naprave je prikazana na slici 3.3. Strana A naprave udara uređaj za upravljanje tijekom ispitivanja.



Slika 3.3. Udarne naprave [4]

### 3.2.4. Usklađenost električnih vozila s direktivom

Direktiva 74/297 nije mijenjana od 1991. godine te ne sadrži odredbe za električna vozila. Iako se većina specifikacija odnosi na kontrolu upravljanja stoga su one neovisne o vrsti pogona. Međutim, izmijenjeni Pravilnik R-12 uključuje specifikacije za električna vozila. Pravilnik R-12 je u samoj suštini isti kao direktiva ali sa dodatkom za električna vozila u kojem se ukratko navodi:

- a) Sve metode ispitivanja se izvode s uključenom glavnom pogonskom baterijom.
- b) Monoblokovi (monoblok je definiran kao najmanja jedinica pogonskog strujnog kruga) moraju biti trajno učvršćeni.
- c) Tijekom ispitivanja dopušteno je prodiranje najviše 7 % ukupne količine tekućih elektrolita u putnički dio vozila. U razdoblju od udara i 30 minuta nakon njega, u prostor za putnike ne smije iscuriti nikakva količina elektrolita RESS-a, a iz RESS-a ne smije iscuriti više od 7 % elektrolita, s izuzetkom pogonskih baterija otvorenog tipa izvan prostora za putnike. Kod pogonskih baterija otvorenog tipa, izvan prostora za putnike ne smije iscuriti više od 7 % i najviše 5,0 l.

### **3.3. Kočenje vozila**

Direktiva 71/320 i Pravilnik R-13 su veoma slični. Oni uključuju detaljne zahtjeve za kočne sustave i njegove karakteristike. Također sadrže zahtjeve za pomoćni i parkirni kočni sustav. Direktiva 71/320 i Pravilnik R-13 su primjenjivi za sva vozila kategorije M, N i O a pravilnik R-13H samo na M i N1 kategorije. Pravilnik R-13H je prvi korak u harmonizaciji zahtjeva za kočne sustave EU i Sjedinjenih Američkih Država. Sadrži iste testne postupke kao i pravilnik R-13 ali sa malo strožim izvođenjima. Oba pravilnika i direktiva sadrže metode ispitivanja svojstva kočenja u uvjetima zaustavnog puta i pojma punog usporenja. Zaustavni put je definiran kao udaljenost prijeđena od trenutka kada vozač pritisne papučicu gasa do potpunog zaustavljanja vozila. Pojam punog usporenja je definiran kao interval usporenja između 80 i 10% početne brzine.

#### **3.3.1. Usklađenost direktive s električnim vozilima**

Vozila pogonjena električnim pogonom najčešće koriste sustave za pohranu energije s mogućnošću ponovnog punjenja. Direktiva 71/320 važeća kod konvencionalnih vozila ne sadrži nikakve zahtjeve za RESS, no Pravilnici R-13 i R13-H sadrže zahtjeve za ugradnju, tehnička svojstva i sigurnost RESS-a. Električni regeneracijski kočni sustav koji nakon otpuštanja papučice gasa stvara silu kočenja ne smije utjecati na paljenje signala za kočenje. Pravilnikom 13-H „Električni regeneracijski kočni sustav” definiran je kao kočni sustav koji tijekom usporenja pretvara kinetičku energiju vozila u električnu energiju. Također su definirane dvije kategorije RESS-a: [5]

- a) „Električni regeneracijski kočni sustav kategorije A” znači električni regeneracijski kočni sustav koji nije dio radnog kočnog sustava
- b) „Električni regeneracijski kočni sustav kategorije B” znači električni regeneracijski kočni sustav koji je dio radnog kočnog sustava

### **3.4. Buka vozila**

Direktiva 70/157 i Pravilnik R-51 sa svim dopunama i izmjenama sadrže zahtjeve za homologaciju vozila u odnosu na dopuštene razine buke vozila u upotrebi (stacionarni i nestacionarni uvjeti). Sve države članice EU moraju biti u potpunosti u skladu sa svim odredbama iz propisa, iako ne postoji zahtjev za uredbu, ugraditi u nacionalno zakonodavstvo.

Metode ispitivanja su navedene prema ISO normama: [6]

- a) ISO 362:1998. Ispitivanje vozila u pokretu 1 (Mjerna metoda A), Dodatak 3.
- b) ISO 362-1:2007. Ispitivanje vozila u pokretu 2 (Mjerna metoda B), Dodatak 10.
- c) ISO 5130:2007. Ispitivanje vozila u mirovanju, Dodatak 3.

### 3.4.1. Usklađenost električnih vozila sa direktivom

Izmijenjena Direktiva 2007/34 uključuje vozila koja su pogonjena električnim pogonom. Dodatak 1 Direktive specificira niz tehničkih podataka koji se moraju prijaviti. Stavke 3.3. i 3.4. odnose se na električni motor kao pogon vozila (tip motora, radni napon i snaga). Točka 6.2.1.1. Pravilnika R-51 navodi da se u slučaju vozila koje je pogonjeno električnim motorom buka mjeri samo ako je vozilo u pokretu. Budući da se mjerenje u stacionarnom stanju odnosi na buku ispušnog sustava a ne buku pogonskog motora, logično je izuzeće ovom točkom. U pogledu mjerenja buke prilazne brzine vozila u pokretu tri su različite metode ispitivanja ovisne o vrsti mjenjača. Električna vozila su najčešće opremljena CVT (engl. *Continuously Variable Transmission*) mjenjačem te se na njih odnose metode ispitivanja za taj tip mjenjača.

### 3.5. Snaga motora

Direktiva 80/1269 uključuje metode mjerenja kojima se određuje neto snaga vozila pogonjena motorom s unutarnjim izgaranjem kategorije M i N. Metoda mjerenja neto snage se sastoji od vožnje pod punim opterećenjem (otvorenost zaklopke snage 100 %) kod Otto motora te sa pumpom goriva kod Diesel motora postavljenom na maksimalni protok. Posljednja izmjena Direktive br. 80/1269 napravljena je 1999. godine, dok je u međuvremenu Pravilnik R-85 izmijenjen nekoliko puta. Direktiva 80/1269 ne uključuje nikakve odredbe za električna vozila te je Pravilnik R-85 glavni akt za homologaciju u odnosu na snagu motora. Pravilnik R-85 primjenjuje se na vozila na električni pogon, kao i na vozila na konvencionalni pogon. U slučaju vozila na električni pogon testni postupak se izvodi pod punim opterećenjem. Mjerenja se obavljaju u dovoljnom broju ciklusa između 0 i najvećeg broja okretaja koje specificira proizvođač kako bi se odredila krivulja snage.

### 3.5.1. Usklađenost električnih vozila s direktivom

Pravilnik R-85 uključuje metode ispitivanja gdje se određuje neto snaga tijekom perioda od 30 minuta koji se primjenjuje samo za električna vozila. Odstupanja ne smiju imati vrijednosti

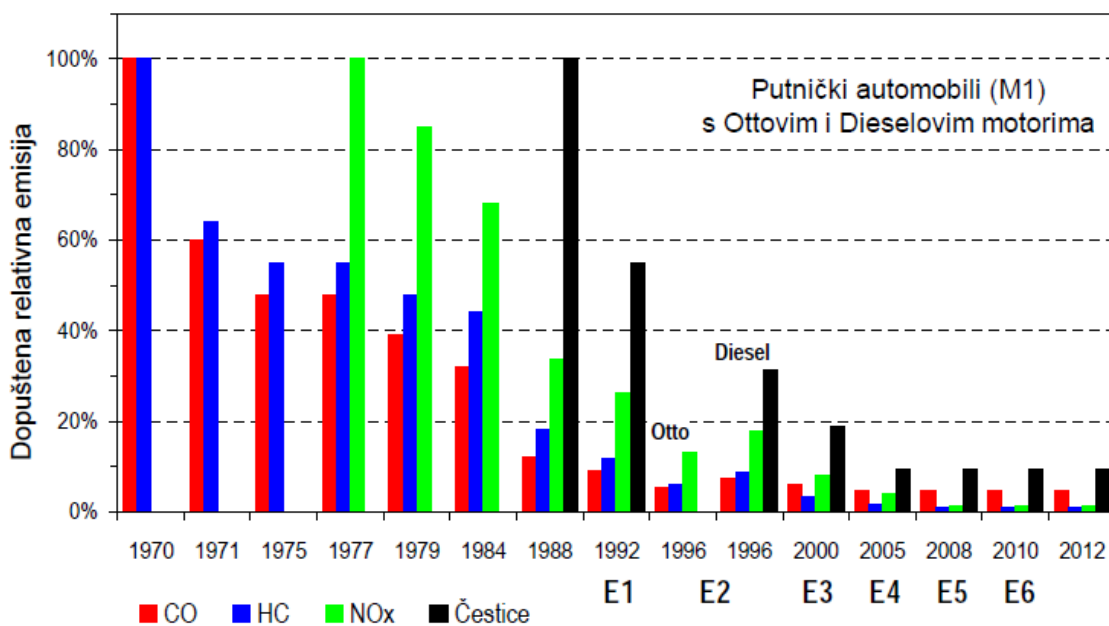
manje od 90 % nazivne snage. Tablicom 3.2. navedena je pomoćna oprema koja se ugrađuje tijekom metode mjerenja neto snage električnog vozila.

Tablica 3.2. Pomoćna oprema koji se koristi kod mjerenja neto snage električnih vozila [7]

Pomoćna oprema	Opaska
DC izvor napona	Pad napona ne smije biti veći od 5 %
Hladnjak	
Ventilator	
Pumpa	
Termostat	
Filter za zrak	
Kompresor	
Električna oprema	
Pomoćni ventilator	Ukoliko je potrebno

### 3.6. Emisije štetnih tvari

Konvencionalna vozila emitiraju štetne tvari kao posljedice izgaranja goriva. U ispušnim plinovima automobilskih motora u Europi isprva je bila ograničena samo emisija ugljik-monoksida CO, od 1970. godine i emisija ugljikovodika HC, od 1977. uvedeno je ograničenje dušikovih oksida NO<sub>x</sub> (najprije samo za Ottove motore), a od 1988. je ograničena i količina čestica kod Dieslovih motora. Od 1992. godine pojedine razine dopuštenih štetnih emisija nose naziv Euro. Ograničenja se kod Ottovih motora otada mogu zadovoljiti samo primjenom reguliranog katalitičkog konvertora s lambda-sondom i bezolovnog benzina. [8]



Slika 3.4. Smanjivanje dopuštenih emisija u EU [8]

Uredba 715/2007 je objavljena 2007. godine te je uvela Euro 5 i Euro 6 norme (stupanje na snagu 2009.g i 2014. g.), kao i značajne izmjene i dopune postojećih uvjeta. Nakon nje 2008. godine uvedena je Uredba 692/2008 koja se bavi provedbom Uredbe 715/2007.

### 3.6.1. Usklađenost električnih vozila s direktivom

Budući da potpuno električna vozila ne proizvode emisije štetnih tvari zbog toga što koriste samo pohranjenu električnu energiju za pogon vozila. Slijedom toga, većina odredba u uredbama nisu relevantne za električna vozila. Najvažniji čimbenici koji se razmatraju u pravilniku su potrošnja električne energije (izraženo u Wh/km) vozila, i domet (u km). Detaljne metode ispitivanja za mjerenje potrošnje električne energije su opisane i pravilniku R-101 koji se referira na Uredbu 692/2008 u dodatku 7 pravilnika. Potrošnja električne energije mjeri se prema Novom europskom voznom ciklusu (NEDC, engl. *New European Driving Cycle*) isto kao i za konvencionalna vozila. Metoda ispitivanja uključuje sljedeća četiri koraka: [9]

- Početno punjenje akumulatora
- Dvostruka primjena NEDC-a sastavljenog od četiri osnovna ciklusa gradske vožnje i ciklusa izvangradske vožnje
- Punjenje akumulatora
- Izračuna potrošnje električne energije

### 3.7. Električni pogon

Direktiva 2007/46 ne isključuje električna vozila iz svog područja, a prijedlog EZ čime je Pravilnik R-100 postao obavezan je usvojen 2010. godine. Mogućnost konflikta između Direktive 2007/46 i Direktive 2006/95 (LVD, engl. *Low voltage directive*) Europska Komisija je riješila na forumu LVDWP15/05 2010. godine. LVD Direktiva je primjenjiva za svu električnu opremu kojoj je radni napon između 50 i 1000 V AC (izmjenična struja) te između 75 i 1500 DC (istosmjerna struja). Termin električna oprema nije točno definiran te svi električni proizvodi spadaju u Direktivu ako to nije posebno navedeno dodatkom. Pravilnik R-100 je razvijen isključivo za električna vozila i uključuje ključne sigurnosne zahtjeve za njih. Pravilnik R-100 je primjenjiv za vozila kategorije M i N koja postižu brzinu veću od 25 km/h. Pravilnikom su obuhvaćene sve komponente električnog vozila uključujući i norme za punjače. Tehničke specifikacije i metode ispitivanja za zaštitu od strujnog udara su primjenjive na svakom dijelu strujnog kruga kao i na spojnim dijelovima RESS-a. Zahtjevi sustava za punjenje vozila se primjenjuju prema normi IEC 62196.

Pravilnik obuhvaća zahtjeve i metode ispitivanja u četiri glavna područja:

- Zaštita od strujnog udara
- RESS
- Sigurnosni zahtjevi
- Određivanje emisije vodika kod punjenja

#### 3.7.1. IEC 62196 norma za punjače električnih vozila

IEC 62196-2 je međunarodna norma za sve električne priključke i tipove punjenja za električna vozila, napravljena od strane Međunarodne elektrotehničke komisije (IEC, engl. *International Electrotechnical Commission*). Ovom normom nisu specificirane fizičke dimenzije niti jednog određenog priključka za punjenje.

##### 3.7.1.1. Tipovi punjenja električnih vozila

Prvi dio norme IEC 62196-2 specificira priključke, utičnice, utikače i žičane sklopove za električna vozila, namijenjene za uporabu u vodljivim sustavima punjenja čiji radni napon ne prelazi:

- a) 690 V AC, 50 – 60 Hz, s nazivnom strujom ne većom od 250 A.
- b) 600 V DC, s nazivnom strujom ne većom od 400 A.



Normom su također utvrđeni načini punjenja koji se sastoje od četiri tipa:

- a) "Tip 1" – sporo punjenje iz kućne utičnice.
- b) "Tip 2" - sporo punjenje iz kućne utičnice sa zaštitom.
- c) "Tip 3" – sporo ili brzo punjenje pomoću određene utičnice namijenjene za električna vozila sa montiranom funkcijom zaštite.
- d) "Tip 4" – brzo punjenje pomoću vanjskog punjača

Tablicom 3.3. specificirane su najveće vrijednosti struje i radnog napona tipova punjenja.

Tablica 3.3. Najveće vrijednosti struje i napone kod tipova punjenja [12]

Tipovi punjenja	Najveća struja (A)	Najveći radni napon (V)	
		Jednofazni	Trofazni
TIP 1	16 AC	250	480
TIP 2	32 AC	250	480
TIP 3	32 i 250 AC	250	480
TIP 4	400 DC	250	480

### 3.7.1.2. Vrste priključaka

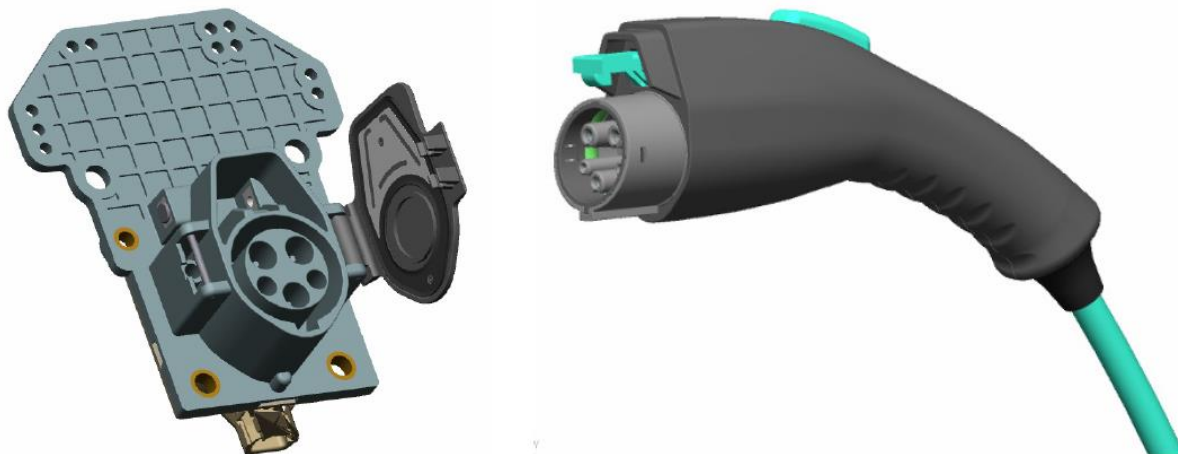
Vrste priključaka prema normi IEC 62196-2 :

- a) IEC 62196-2 "Tip 1" – jednofazni priključak –SAE J1772-2008
- b) IEC62196-2 "Tip 2" – jednofazni i trofazni - VDE-AR-E 2623-2-2
- c) IEC 62196-2 "Tip 3" – jednofazni i trofazni priključak „EV Plug Alliance“

#### Vrsta priključka Tip 1 (SAE J1772-2009)

SAE International 2001. godine je predstavila novi standard za vodljivi priključak kojeg je odobrila CARB (engl. *California Air Resources Board for charging stations of electric vehicles*). SAE J1772-2001 je bio priključak pravokutnog oblika koji se temeljio na nacrtima tvrtke *Avcon*. 2009. godine je napravljena revizija norme koja uključuje novi okrugli oblik prema nacrtima tvrtke *Yazaki*, SAE J1772-2009 priključak čije se su tehničke specifikacije objavljene u normi IEC 62196-2. Prema normi radi se o punjaču prvog tipa punjenja jednofazne izmjenične struje. Priključak sadrži 5 pinova za dva AC vodiča, uzemljenje i dva

signalna pina koji su kompatibilni sa normom IEC 61851-2001 / SAE J1772-2001 a koji služe za određivanje napunjenosti baterije i kontrolu punjenja.



Slika 3.5. Priključak i utičnica prema SAE J1772-2009 [13]

#### ***Vrsta priključka Tip 2 VDE-AR-E 2623-2-2***

Proizvođač *Mennekes* razvio je niz punjača za električna vozila koja su u upotrebi od početka 1990. godina. Krajem 2010.godine tvrtke Nuon i RWE počinju implementirati mrežu stanica za punjenje diljem Europe (Nizozemska, Belgija, Švicarska, Austrija, Poljska, Mađarska, Slovenija, Hrvatska) koristeći Tip punjenja 2 koji se baziraju na trofaznoj mreži napona 400V.



Slika 3.6. Priključak i utičnica prema VDE-AR-E 2623-2-2 [14]

***Vrsta priključka Tip 3 EV Plug Alliance***

Tvrtke *Schneider Electric* i *Legrand* (Francuska) i *Scame* (Italija) osnovale su „EV Plug Alliance“ 2010 godine. Unutar norme IEC 62196-2 tvrtke predlažu priključke za punjenje koji se zasnivaju na ranijem tipu *SCAME* priključaka (*Liberia*). Novi tip priključka je sposoban isporučivati do 32 A trofazne struje.



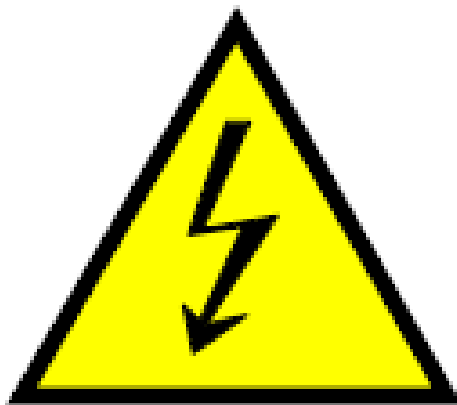
*Slika 3.7. Priključak i utičnica „EV Plug Alliance Liberia“ [15]*

### 3.7.2. Zaštita od strujnog udara

Sljedeći sigurnosni zahtjevi se odnose na visokonaponske sabirnice (engl. *High voltage buses*) kada nisu spojene na vanjski izvor napajanja:

- a) Zaštita od izravnog dodira.
- b) Zaštita od neizravnog dodira izloženih vodljivih dijelova.
- c) Otpor izolacije.

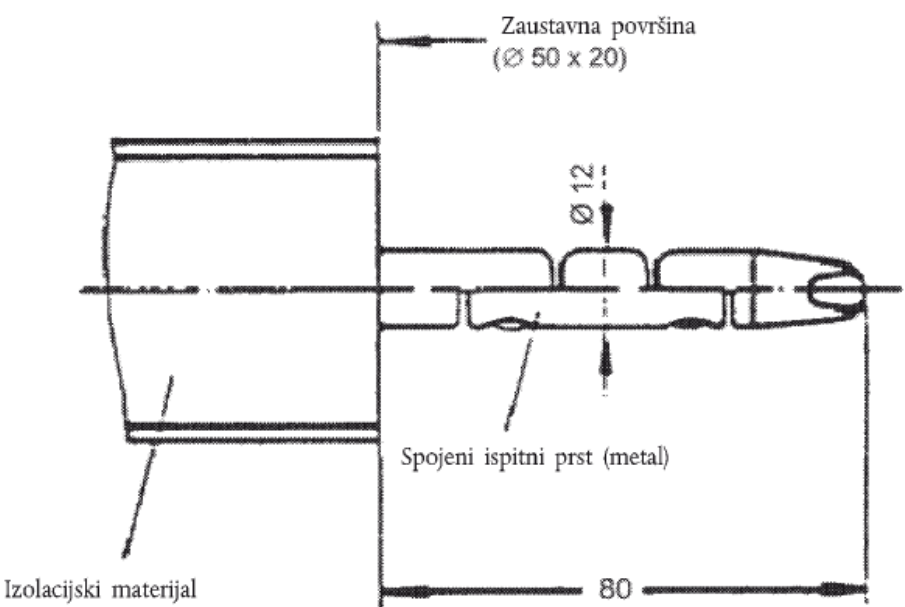
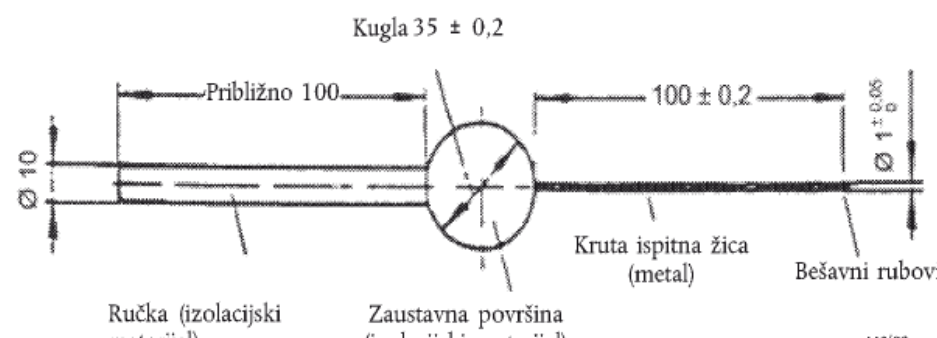
Na RESS-u i na svim vidljivim kućištima i izolacijskim pregradama koje štite dijelove pod visokim naponom obvezno je postavljanje oznake prema slici 3.8.



Slika 3.8. Oznaka visokonaponske opreme [10]

#### 3.7.2.1. Zaštita od izravnog dodira

Dijelovi pod naponom u putničkom i prtljažnom dijelu vozila moraju biti zaštićeni najmanje po IPXXD stupnju zaštite. Kućišta u ostalim područjima vozila moraju imati najmanji stupanj zaštite IPXXB. Stupanj zaštite znači zaštita koju osigurava pregrada ili kućište od dodira s dijelovima pod naponom i koja se ispituje pomoću ispitne sonde kao što su primjerice ispitni prst (IPXXB) ili ispitna žica (IPXXD). Pri ispitivanju IPXXB stupnja zaštite, ispitni prst može prodrijeti do 80 mm, ali zaustavna površina (promjera 50 mm × 20 mm) ne smije proći kroz otvor. Pri ispitivanju IPXXD stupnja zaštite pristupna sonda može prodrijeti svojom cijelom dužinom, ali zaustavna površina ne smije potpuno proći kroz otvor. Ispitne sonde prikazane su na slici 3.9.

Prva znamenka	Dodatno slovo	Pristupna sonda	Ispitna sila
2	B	<p>Spojeni ispitni prst Vidjeti sliku 1. za pune mjere</p>  <p>Izolacijski materijal</p> <p>80</p>	10 N ± 10 %
4, 5, 6	D	<p>Ispitna žica promjera 1,0 mm i dužine 100 mm</p>  <p>Kugla 35 ± 0,2</p> <p>Približno 100</p> <p>100 ± 0,2</p> <p>Ø 10</p> <p>Ø 1 ± 0,05</p> <p>Ručka (izolacijski materijal)</p> <p>Zaustavna površina (izolacijski materijal)</p> <p>Kruta ispitna žica (metal)</p> <p>Bešavni rubovi</p>	1 N ± 10 %

Slika 3.9. Ispitne sonde za ispitivanje stupnja zaštite [10]

### 3.7.2.2. Zaštita od neizravnog dodira izloženih vodljivih dijelova

Izloženi vodljivi dijelovi moraju biti galvanski spojeni sa podvozjem kako ne bi došlo do strujnog udara. Pravilnik specificira maksimalni otpor između svih vodljivih dijelova i podvozja od 1 Ω kada sustavom prolazi struja od 0,2 A. Pravilnik također specificira zahtjeve za vozila sa uzemljenim vanjskim izvorom napajanja električnom energijom.

### **3.7.2.3. Otpor izolacije**

Zahtjevi ovise o tome koristi li električno vozilo kombinirano ili odvojeno istosmjerne ili izmjenične vodove. Vrijednosti su specificirane u dodatku Pravilnika.

### **3.7.3. Sustave za pohranu energije s mogućnošću ponovnog punjenja**

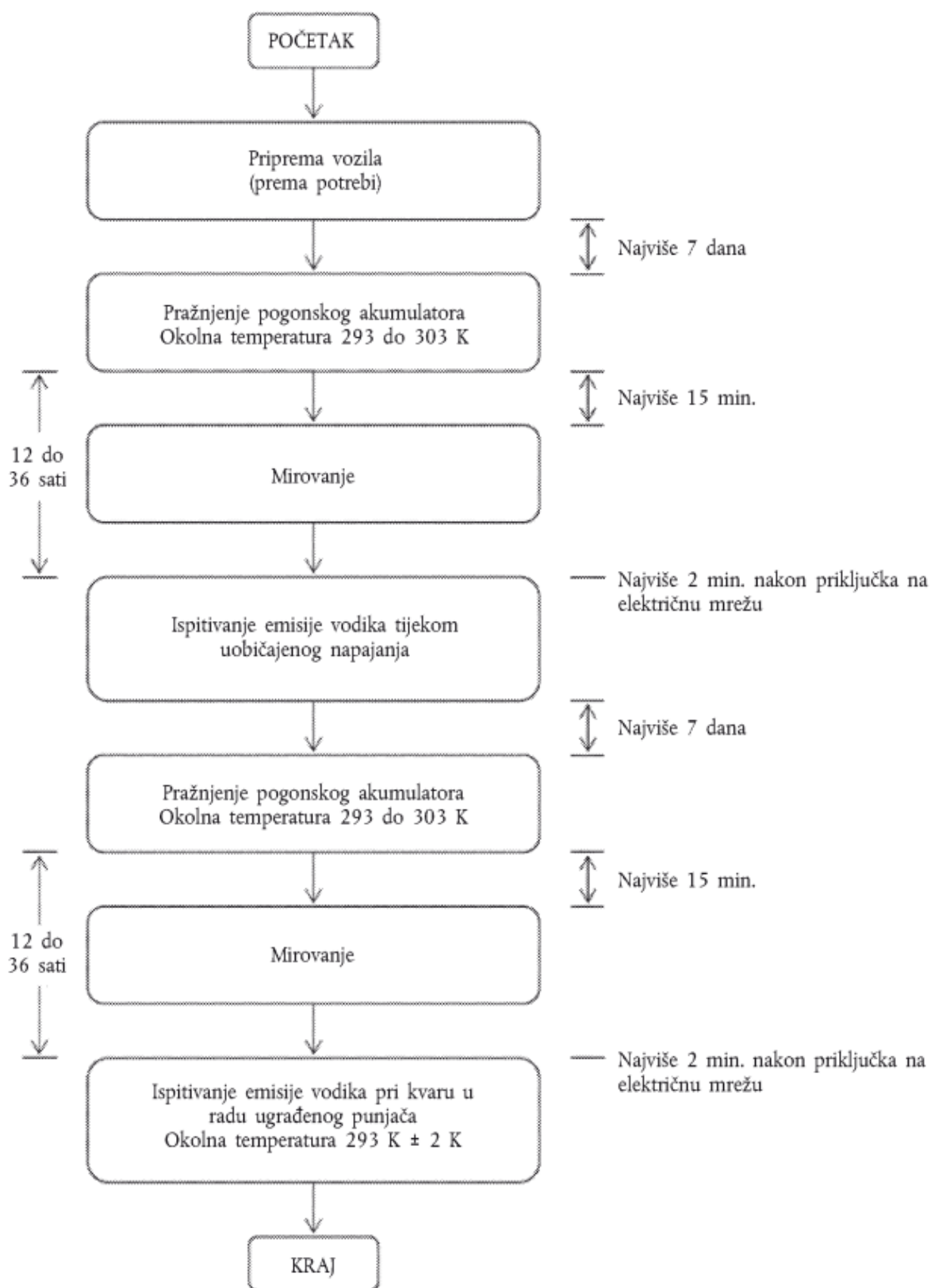
Zahtjevi za specifikaciju sustava za pohranu energije s mogućnošću ponovnog punjenja odnose se na zaštitu od izbijanja napona i akumulaciju vodikovog plina. Posljedica velikog napona je preveliko zagrijavanje koje se mora regulirati posebnim osiguračima i prekidačima. Zaštita od akumulacije plinova ostvaruje se ventilatorom u prostorima za vozila koja sadrže bateriju otvorenog tipa i koju mogu proizvesti vodikov plin.

### **3.7.4. Sigurnosni zahtjevi**

Sigurnosni zahtjevi pokrivaju zaštitu putnika unutar vozila te onih izvan njega, gdje se sprječava nenamjerno pomicanje vozila tijekom mirovanja.

### **3.7.5. Određivanje emisije vodika kod punjenja**

Ovi zahtjevi se odnose na dopuštene vrijednosti vodika kod punjenja otvorenog tipa baterija. Baterija otvorenog tipa je takva vrsta baterije za koju je potrebna tekućina te koja stvara vodikov plin i ispusta ga u okoliš. Postupak ispitivanja emisije vodika provodi se radi utvrđivanja emisije vodika tijekom napajanja pogonskog akumulatora s ugrađenim punjačem. Postupak ispitivanja sastoji se od koraka koji su shematski prikazani na slici 3.10.



Slika 3.10. Shematski prikaz procesa određivanja emisije vodika tijekom postupka napajanja pogonske baterije [10]

### **3.8. Baterije**

Direktiva 2006/66 je prvi puta stupila na snagu u rujnu 2006. godine, a odnosi se na sve baterije prodane u EU, s izuzetkom onih baterija koje su namijenjene korištenju izvan planeta Zemlje. Njezin primarni cilj je smanjenje negativnog utjecaja odlaganja baterija i akumulatora na okoliš. Potrebno je razlikovati prijenosne baterije i akumulatore s jedne strane i industrijske i automobilske baterije i akumulatore s druge strane. Odlaganje industrijskih i automobilskih baterija i akumulatora na odlagališta ili spaljivanjem je zabranjeno. Primjeri industrijskih baterija i akumulatora uključuju baterije i akumulatore koji se koriste za rezervno ili pomoćno napajanje električnom energijom u bolnicama, zračnim lukama ili uredima, vlakovima ili zrakoplovima, naftnim platformama, instrumente i za razne vrste mjerenja i instrumentalnu opremu. Industrijske baterije i akumulatori također uključuju baterije i akumulatore koji se koriste u električnim vozilima, kao što su električni automobili, invalidska kolica, bicikli, vozilima u zračnim lukama i automatskim transportnim vozilima. Pored ovog popisa primjera, svaku bateriju ili akumulator koji nije zapečaćen i koji nije automobilski treba smatrati industrijskim. Primjeri prijenosnih baterija i akumulatora, odnosno sve zapečaćene baterije i akumulatori koje prosječna osoba može bez teškoća prenositi i koji nisu ni automobilske baterije ili akumulatori niti industrijske baterije i akumulatori, uključuju jednostruke baterije (kao što su baterije AA i AAA) i baterije i akumulatore koje koriste potrošači ili profesionalci u mobilnim telefonima, prijenosnim računalima, bežičnim električnim alatima, igračkama. Direktiva zabranjuje prodaju određenih baterija koje sadrže živu i kadmij. Posebno svih baterija koje sadrže više od 0.0005% žive te prijenosnih baterija koje sadrže više od 0.002 % kadmija [16]. Iz ove Direktive se isključuju baterije za alarmne sustave, medicinsku opremu i bežične alate. Krajnji korisnici (potrošači) prijenosnih baterija i automobilskih baterija iz privatnih i nekomercijalnih vozila moraju imati mogućnost povratka baterija besplatno (kod ovlaštenih predstavnika). Predviđen je povrat 25 % baterija do kraja 2012., a do kraja 2016. predviđeno je povrat 45 % svih prodanih baterija. Posebno je naznačeno obavezno obilježavanje baterija kojim se krajnjim korisnicima daje informacija o teškim metalima koje te baterije sadrže.

#### **3.8.1. Usklađenost direktive sa električnim vozilima**

U konvencionalnim vozilima baterije (akumulatori) se koriste za pokretanje motora i rasvjetu, najčešće su olovne, te se klasificiraju kao automobilske baterije prema Direktivi 2006/66. Potpuno električna vozila obično imaju jednu bateriju koja opskrbljuje svu potrebnu energiju,



te su najčešće olovne, nikalne ili litijske. Takve baterije se svrstavaju među industrijske baterije Direktivom 2006/66. Hibridi imaju dvije baterije, prva konvencionalna (obično olovna) se koristi za pokretanje motora s unutarnjim izgaranjem a druga opskrbljuje električni motor. Prva se svrstava kao automobilska baterija, a druga kao industrijska. Direktiva 2006/66 propisuje da se baterije za električna vozila trebaju uskladiti s Direktivom 2000/53 (zbrinjavanje vozila). Simbol koji označava „odvojeno skupljanje” za sve baterije i akumulatore je prekrižena kanta za otpad s kotačima prikazana na slici 3.11.



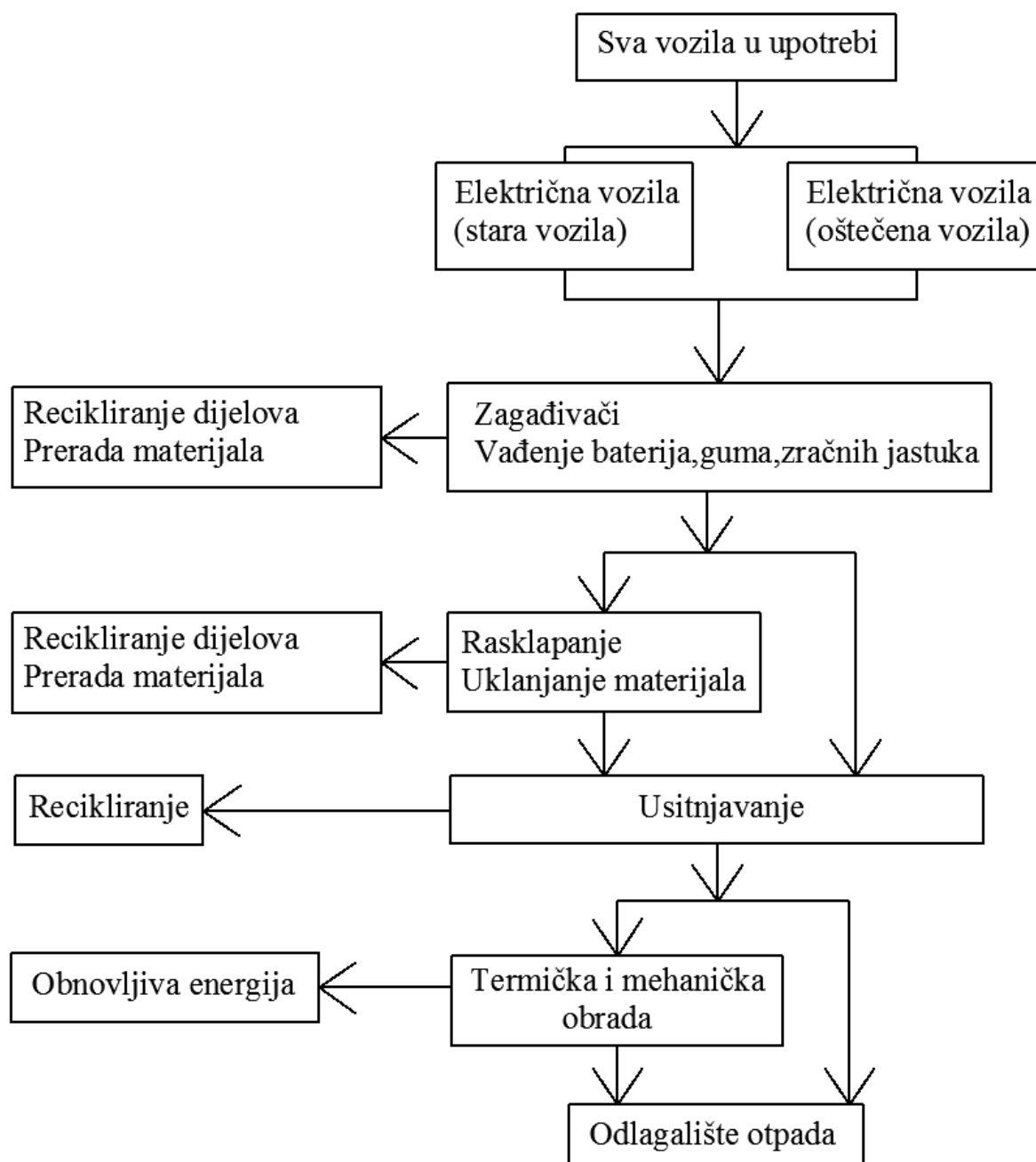
Slika 3.11. Simbol za odvojeno skupljanje baterija, akumulatora i baterijskih sklopova [16]

### 3.9. Zbrinjavanje vozila

Europska komisija izdala je Direktivu 2000/53 radi smanjivanja utjecaja na okoliš otpadnih vozila želeći smanjiti proizvodnju otpada te zaštititi, očuvati i poboljšati kvalitetu okoliša. U tom smislu, Direktiva utvrđuje posebne kriterije koje proizvođač mora zadovoljiti uz postavljene rokove. (Da bi se spriječilo nastajanje otpada koji je štetan po okoliš proizvođači vozila surađuju s proizvođačima materijala i opreme radi klasifikacije materijala korištenih u proizvodnji novih vozila). Propisi predviđaju da do 2015. godine 95 % prosječne mase vozila za prijevoz roba i putnika (najviše 9 sjedala) s najvećom dopuštenom masom od 3,5 t mora biti ponovno reciklirano. Povrh toga propisi o zbrinjavanju vozila određuju da svi proizvođači i uvoznici novih vozila moraju sami preuzeti vozila koja su oni sami stavili na tržište, na kraju njihovog životnog vijeka, jamčeći daljnju obradu u skladu sa zaštitom okoliša. Prilikom zbrinjavanja i recikliranja propisi nalažu da vozila moraju sadržavati osnovne sklopove kao što su motor, mjenjač, karoseriju, elektroničku upravljačku jedinicu i katalizator te da u sebi ne smiju imati nikakav dodatni otpad.

### 3.9.1. Usklađenost električnih vozila s direktivom

Proces zbrinjavanja vozila je pokazan shematski na slici 3.12.

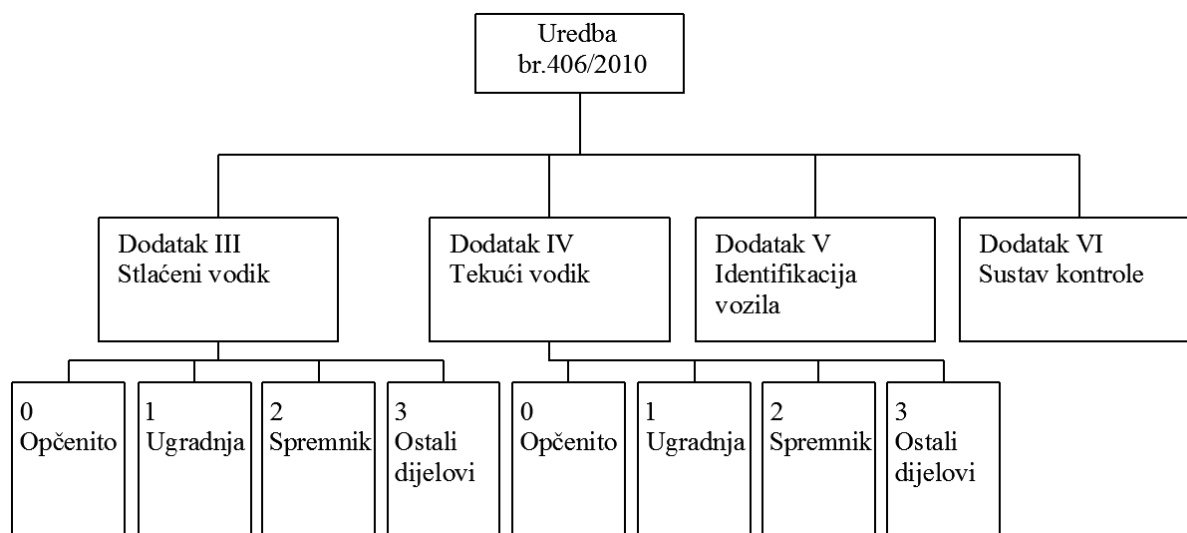


Slika 3.12. Shematski prikaz procesa zbrinjavanja vozila [17]

Direktiva 2000/53 nije dio okvira za homologaciju vozila ali dopušta korištenje određenih materijala (sa stalnim dodatkom). Direktiva zadaje buduće ciljeve u pogledu ponovnog korištenja i recikliranja te obvezuje države članice EU da uspostave sustave zbrinjavanja vozila.

#### 4. Pregled EU direktiva i ECE pravilnika koji se odnose na pogon vozila vodikom

Direktivom 2007/46 se uspostavlja okvir za homologaciju motornih vozila, te njihovih sustava i dijelova. U prošlosti nije bilo posebnih odredaba koje se odnose na vozila pogonjena vodikom u okviru ove Direktive. Međutim, 4. veljače 2009. godine Uredba br. 79/2009 za homologaciju vodikovih vozila je objavljena u službenom listu Europske zajednice. "Vodikov propis" mijenja dodatke IV, VI i XI Direktive 2007/46 s ciljem određivanja usklađenih sigurnosnih zahtjeva za vozila pogonjena vodikom. Uredba 79/2009 sadrži opće uvjete za homologaciju „vodikovih“ komponenata i sustava, kao i listu primjenjivih metoda ispitivanja. Europska komisija uz pomoć regulatornog odbora je donijela detaljne zahtjeve i metode ispitivanja koji se provode temeljnim odredbama. Uredba 406/2010, o provedbi Uredbe 79/2009 je objavljena u službenom listu EZ 18. svibnja 2010.godine. Ovaj provedbeni propis je razvijen uz pomoć „Hydrogen Working Group“, koji se sastoji od predstavnika država članica EU, automobilske industrije, proizvođača komponenti, raznih udruga i drugih zainteresiranih stranaka.



Slika 4.1. Shematski prikaz strukture Uredbe br. 406/2010

Prema slici 4.1. tehnički zahtjevi u Uredbi 406/2010 navedeni su u nizu dodataka. Prilog III i IV dodatka sadrži zahtjeve za sigurnost skladištenja vodika, uključujući bilo koje komponente koje su u dodiru s vodikom. Svaki prilog se sastoji od četiri dijela: početni (uvodni) dio uređuje opće uvjete, 1. dio utvrđuje zahtjeve za ugradnju vodikovih komponenata i sustava, dio 2. zahtjeve za spremnik, te dio 3. ostale dijelove vozila pogonjeno na vodik.

#### 4.1. Stlačeni vodik

Uredbom je propisano da svako vozilo mora imati jasno istaknutu oznaku prema slici 4.2.



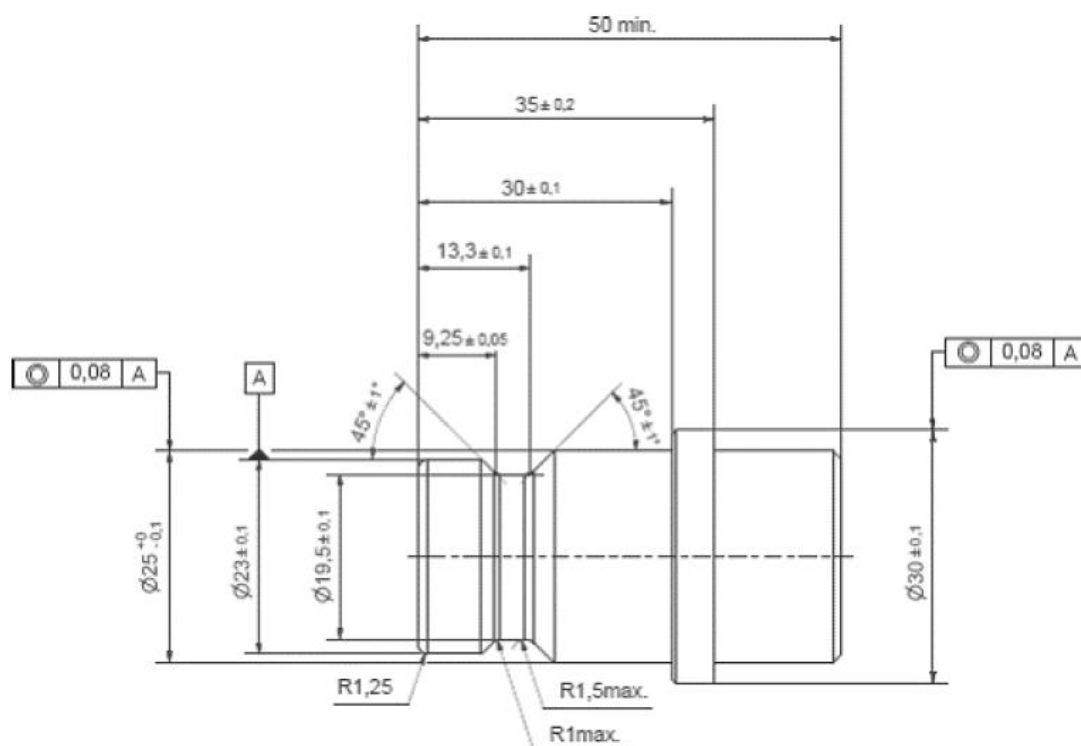
Slika 4.2. Oznaka za vozila s pogonom na vodik koja upotrebljavaju stlačeni (plinoviti) vodik [18]

##### 4.1.1. Opći zahtjevi

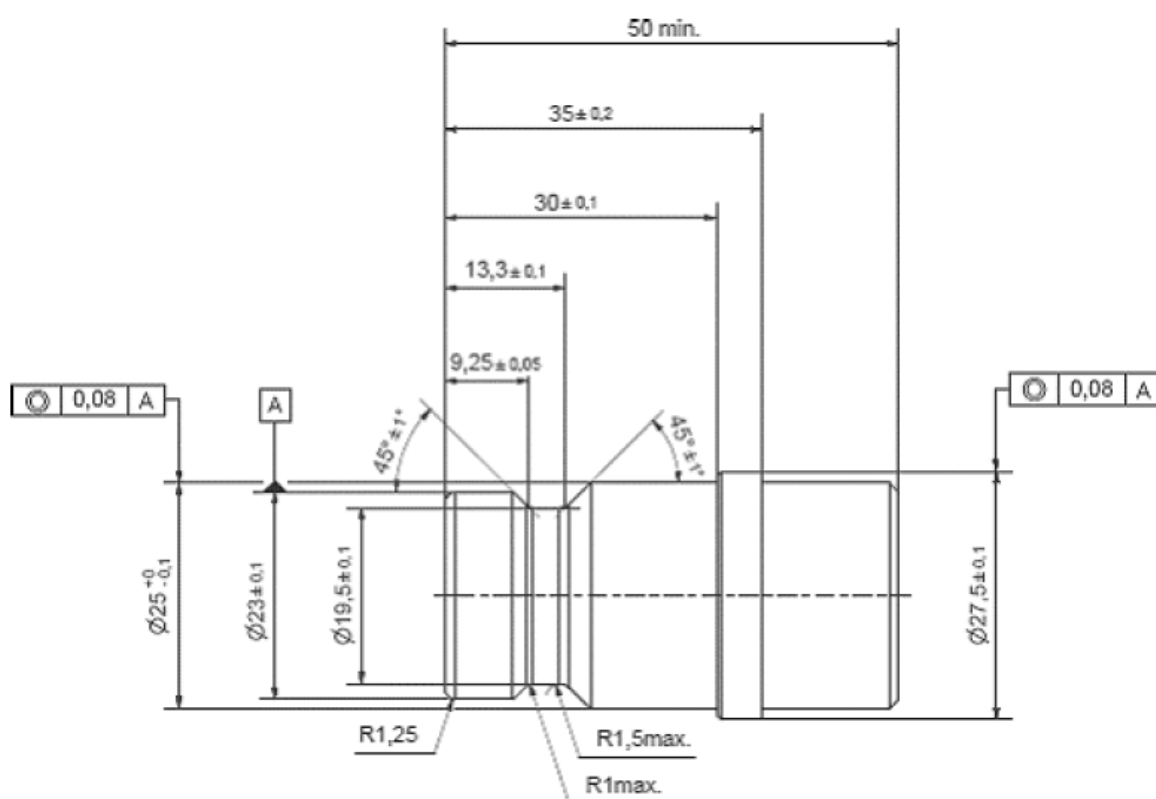
Električni dio sastavnog dijela koji bi mogao biti u dodiru sa zapaljivom smjesom vodika i zraka, treba izolirati tako da električna struja ne prolazi kroz dijelove koji sadrže vodik. Zavareni spojevi ispred primarnog regulatora tlaka ispituju se hidrauličnim tlakom koji je jednak trostrukom radnom tlaku.

##### 4.1.2. Priključak za punjenje

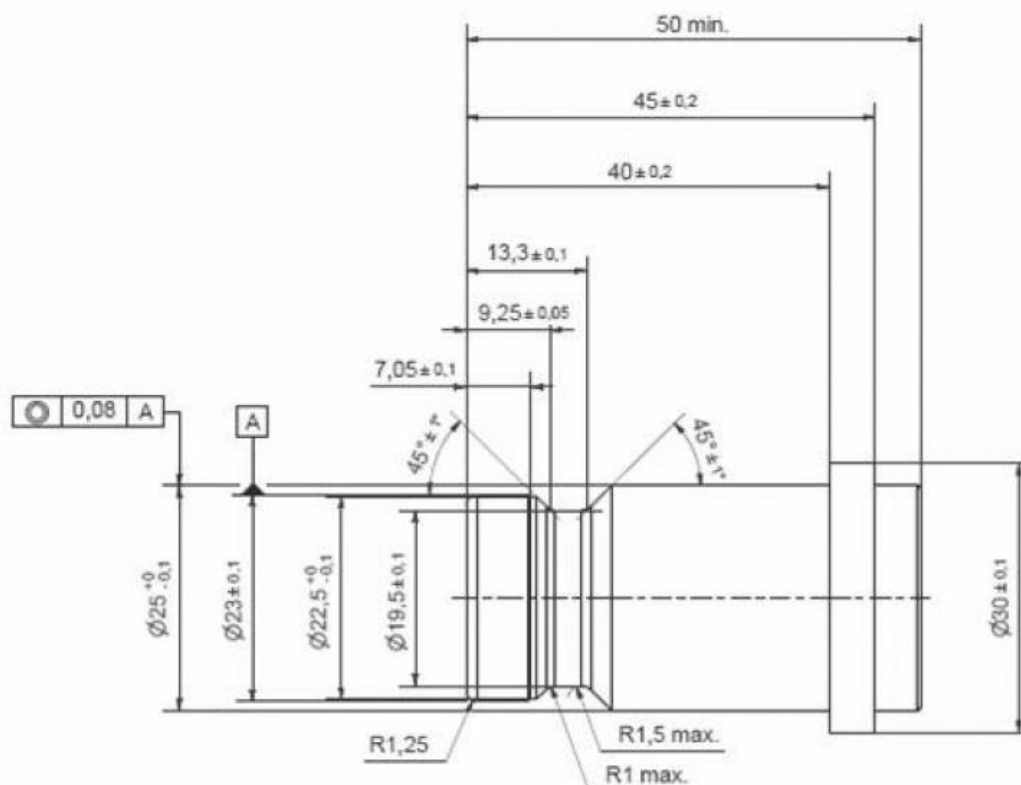
Profil priključka mora biti u skladu s dimenzijama navedenim na slikama 4.3, 4.4, 4.5, ovisno o njegovom nazivnom radnom tlaku, pri čemu broj pokraj oznake H označava nazivni radni tlak u MPa pri 15 °C:



*Slika 4.3. Priključak za punjenje vodikom H35 [18]*



*Slika 4.4. H35HF (veliki protok za uporabu u gospodarskim vozilima) [18]*



Slika 4.5. Priključak za punjenje vodika H70 [18]

### 4.1.3. Spremnik

Vijek trajanja u uporabi spremnika vodika određuje proizvođač i može se razlikovati za različite primjene, ali ne smije prelaziti 20 godina.

Razvrstavanje spremnika namijenjenih za uporabu stlačenog vodika:

- Tip 1: Bešavni metalni spremnik
- Tip 2: Kružno po obodu omotan spremnik s bešavnim metalnim unutarnjim spremnikom
- Tip 3: Potpuno omotan spremnik s bešavnim ili zavarenim unutarnjim metalnim spremnikom
- Tip 4: Potpuno omotan spremnik s nemetalnim unutarnjim spremnikom.

Za homologaciju spremnika namijenjenih za uporabu stlačenog (plinovitog) vodika moraju se upotrijebiti sljedeće metode ispitivanja prema tablici 4.1.

Tablica 4.1. Primjenljive metode ispitivanja za spremnike za vodik namijenjene za uporabu stlačenog vodika [18]

Metoda ispitivanja	Predviđeno za tip spremnika			
	1	2	3	4
Ispitivanje rasprskavanjem	✓	✓	✓	✓
Ispitivanje tlačnim ciklusima pri temperaturi okoline	✓	✓	✓	✓
Ispitivanje značajke propuštanja prije razaranja	✓	✓	✓	✓
Ispitivanje izlaganjem vatri	✓	✓	✓	✓
Ispitivanje na probijanje	✓	✓	✓	✓
Ispitivanje otpornosti na kemikalije	✗	✓	✓	✓
Ispitivanje na podnošljivost zarezu u kompozitnom materijalu	✗	✓	✓	✓
Ispitivanje na oštećenje ubrzanim opterećivanjem	✗	✓	✓	✓
Ispitivanje tlačnim ciklusom kod ekstremnih temperatura	✗	✓	✓	✓
Ispitivanje oštećivanjem udarom	✗	✗	✓	✓
Ispitivanje nepropusnosti	✗	✗	✗	✓
Ispitivanje propusnosti	✗	✗	✗	✓
Ispitivanje na uvijanje priključnih nastavaka	✗	✗	✗	✓
Ispitivanje tlačnim ciklusom s plinovitim vodikom	✗	✗	✗	✓

#### 4.1.3.1. Ispitivanje rasprskavanjem

Svrha ispitivanja je odrediti vrijednost tlaka pri kojem se spremnik rasprskava. Da se to dokaže, u spremniku treba uspostaviti danu vrijednost tlaka koja mora biti veća od nazivnog radnog tlaka spremnika. Tlak rasprskavanja spremnika mora prelaziti propisani tlak.

#### 4.1.3.2. Ispitivanje tlačnim ciklusima pri temperaturi okoline

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik vodika može izdržati velike promjene tlaka. Da se to dokaže, primjenjuju se ciklusi na spremniku dok se ne pojavi oštećenje ili dok se ne dosegne propisani broj ciklusa povećavajući i smanjujući tlak do propisane vrijednosti. Oštećenje spremnika ne smije se pojaviti prije nego se dosegne propisani broj ciklusa. Broj ciklusa do pojave oštećenja, te mjesto i opis oštećenja moraju se zabilježiti.

#### **4.1.3.3. Ispitivanje značajke propuštanja prije razaranja LBB (engl. *Leak Before Break*)**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik za vodik počne propuštati prije razaranja. Da se to dokaže, ti se tlačni ciklusi primjenjuju na spremniku povećavajući i smanjujući tlak do propisane vrijednosti. Ispitivani spremnici moraju početi propuštati ili prijeći određeni broj ciklusa ispitivanja bez oštećenja. Broj ciklusa do pojave oštećenja, te mjesto i opis oštećenja moraju se zabilježiti.

#### **4.1.3.4. Ispitivanje izlaganjem vatri**

Svrha ispitivanja je dokazati da se spremnik sa svojom zaštitom protiv požara neće rasprsnuti kada se pod propisanim uvjetima izloži vatri. Spremnik u kojem je uspostavljen radni tlak mora ispuštati svoj sadržaj samo kroz uređaj za snižavanje tlaka i ne smije se razoriti.

#### **4.1.3.5. Ispitivanje na probijanje**

Svrha ispitivanja je dokazati da se spremnik neće razoriti kad se probuši metkom iz vatrenog oružja. Da se to dokaže, u cijelom spremniku s njegovom zaštitnom prevlakom treba uspostaviti tlak i probušiti ga metkom. Spremnik se ne smije razoriti.

#### **4.1.3.6. Ispitivanje otpornosti na kemikalije**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik može izdržati izlaganje određenim kemijskim tvarima. Da se to dokaže, spremnik treba izložiti djelovanju različitih kemijskih otopina. Tlak spremnika treba povećavati do dane vrijednosti te provesti ispitivanje na rasprskavanje koje je navedeno u točki 4.1.3.1. Spremnik mora dosegnuti propisani tlak rasprskavanja, koji treba zabilježiti.

#### **4.1.3.7. Ispitivanje na podnošljivost zarezu u kompozitnom materijalu**

Svrha ispitivanja je dokazati da je spremnik za vodik otporan na visoki tlak. Da se to dokaže, u stijenke spremnika treba urezati zarez propisane geometrije i izložiti ga propisanom broju tlačnih ciklusa. Spremnik mora izdržati propisani broj tlačnih ciklusa bez loma i propuštanja, ali može propuštati tijekom preostalog broja ciklusa ispitivanja. Broj ciklusa do pojave oštećenja, te mjesto i opis oštećenja moraju se zabilježiti.



#### **4.1.3.8. Ispitivanje na oštećenje ubrzanim opterećivanjem**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik za vodik može izdržati izlaganje visokom tlaku i visokim temperaturama na granici dopuštenog radnog područja tijekom produljenog vremenskog razdoblja. Da se to dokaže, spremnik treba biti izložen uvjetima određenog tlaka i temperature, a nakon toga se podvrgava ispitivanju rasprskavanjem koje je navedeno u točki 4.1.3.1. Spremnik mora dosegnuti propisani tlak rasprskavanja.

#### **4.1.3.9. Ispitivanje tlačnim ciklusom kod ekstremnih temperatura**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik za vodik može izdržati promjene tlaka pri različitim temperaturnim uvjetima. Da se to dokaže, treba spremnik bez ikakve zaštitne prevlake ciklični hidrostatski ispitati pri ekstremnim temperaturama okoline, a nakon toga podvrgnuti ga ispitivanju rasprskavanjem i ispitivanju propuštanja koja su navedena u točkama 4.1.3.1. i 3.1.3.11. Kada su ispitivani tlačnim ciklusima, spremnici ne smiju pokazivati znakove loma, propuštanja ili odmotavanja vlakana. Spremnici se ne smiju rasprsnuti pri propisanom tlaku.

#### **4.1.3.10. Ispitivanje oštećivanjem udarom**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik za vodik zadržava radnu sposobnost nakon što se izloži propisanim mehaničkim udarima. Da se to dokaže, spremnik se najprije podvrgava ispitivanju padom, a potom se izlaže određenom broju tlačnih ciklusa. Spremnik mora izdržati propisani broj tlačnih ciklusa bez propuštanja i loma, ali može propuštati tijekom preostalih ciklusa ispitivanja.

#### **4.1.3.11. Ispitivanje propuštanja**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik za vodik pod propisanim uvjetima ne pokazuje znakove propuštanja. Da se to dokaže, u spremniku treba uspostaviti nazivni radni tlak. Ne smije pokazivati nikakve znakove propuštanja kroz pukotine, pore ili slična oštećenja.

#### **4.1.3.12. Ispitivanje propusnosti**

Svrha ispitivanja je dokazati da propusnost spremnika za vodik ne prelazi propisanu vrijednost. Da se to dokaže, spremnik treba puniti plinovitim vodikom do nazivnog radnog tlaka te nakon toga nadzirati propusnost u zatvorenoj komori propisano vremensko razdoblje u propisanim uvjetima temperature.

#### **4.1.3.13. Ispitivanje na uvijanje priključnih nastavaka**

Svrha ispitivanja je dokazati da priključni nastavak spremnika za vodik može izdržati propisano uvijanje. Da se to dokaže, priključni nastavak spremnika treba opteretiti na uvijanje u oba smjera. Nakon toga obavljaju se ispitivanje rasprskavanjem i ispitivanje nepropusnosti koja su navedena u točkama 4.1.3.1. i 4.1.3.11. Spremnik mora ispunjavati zahtjeve ispitivanja rasprskavanjem i nepropusnosti. Moraju se zabilježiti primijenjeni moment uvijanja, propuštanje i tlak rasprskavanja.

#### **4.1.3.14. Ispitivanje tlačnim ciklusom s plinovitim vodikom**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik za vodik može izdržati velike promjene tlaka pri uporabi plinovitog vodika. Da se to dokaže, spremnik za vodik treba podvrgnuti brojnim tlačnim ciklusima s uporabom plinovitog vodika i ispitivanju propuštanja kako je navedeno u točki (k). Treba pregledati oštećenja, poput pukotina zbog zamora materijala ili elektrostatičkog pražnjenja spremnika. Spremnik mora ispunjavati zahtjeve ispitivanja nepropusnosti. Spremnik ne smije imati nikakvih oštećenja, poput pukotina zbog zamora materijala ili elektrostatičkog pražnjenja.

#### **4.1.4. Dijelovi pogona na vodik osim spremnika**

Ovisno o posebnim zahtjevima za sve komponente vozila na vodik namijenjene uporabi stlačenog vodika postupci ispitivanja koji se primjenjuju za homologaciju komponente vozila na vodik, osim spremnika, su navedeni u tablici 4.2.

Tablica 4.2. Primjenljivi postupci ispitivanja za komponente vozila na vodik, osim spremnika, namijenjene za uporabu stlačenog goriva [18]

Komponente vozila na vodik	Metoda ispitivanja					
	Ispitivanje materijala	Ispitivanje otpornosti na koroziju	Ispitivanje izdržljivosti	Ispitivanje tlačnim ciklusom	Ispitivanje unutarnjeg popuštanja	Ispitivanje vanjskog popuštanja
Uređaji za snižavanje tlaka	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Automatski ventili	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ručni ventili	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nepovratni ventili	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ventili za snižavanje tlaka	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Izmjenjivači topline	✓	✓	✗	✓	✗	✓
Priključci za punjenje gorivom	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Regulatori tlaka	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Osjetnici za vodikove sustave	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Savitljivi vodovi za gorivo	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Armatura	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Filtri za vodik	✓	✓	✗	✓	✗	✓
Priključci uklonjivog sustava za pohranjivanje vodika	✓	✓	✓	✓	✗	✓

#### **4.1.4.1. Ispitivanje materijala**

Ispitivanje materijala sastoji se od tri dijela:

- a) Ispitivanje podnošljivosti na vodik: svrha ispitivanja je dokazati da metalni sastavni dijelovi vodikovog sustava (tj. cilindri i ventili) u dodiru s vodikom ne postaju krhki. U sastavnim dijelovima vodikovog sustava koji su izloženi učestalim ciklusima opterećenja moraju se izbjeći uvjeti koji bi mogli dovesti do mjestimičnog zamora materijala ili širenje pukotina u strukturi.
- b) Ispitivanje starenja: svrha ispitivanja je provjeriti je li nemetalni materijal upotrijebljen u sastavnim dijelovima vodikovog sustava otporan na starenje. Na ispitanim uzorcima ne smije biti vidljivih pukotina.
- c) Ispitivanje podnošljivosti na ozon: svrha ispitivanja je provjeriti je li elastomerni materijal sastavnog dijela vodikovog sustava otporan na izlaganje ozonu. Na ispitanim uzorcima također ne smije biti vidljivih pukotina.

#### **4.1.4.2. Ispitivanje otpornosti na koroziju**

Svrha ispitivanja je dokazati da su sastavni dijelovi vodikovog sustava otporni na koroziju. Da se to dokaže, treba sastavne dijelove vodikovog sustava staviti u dodir s određenim kemikalijama.

#### **4.1.4.3. Ispitivanje izdržljivosti**

Svrha ispitivanja je dokazati da su sastavni dijelovi vodikovog sustava sposobni trajno pouzdano djelovati. Ispitivanje se sastoji od podvrgavanja sastavnog dijela vodikovog sustava određenom broju ciklusa ispitivanja pod propisanim uvjetima temperature i tlaka. Ciklus ispitivanja znači uobičajeno djelovanje (tj. jedno otvaranje i jedno zatvaranje) sastavnog dijela vodikovog sustava.

#### **4.1.4.4. Ispitivanje tlačnim ciklusom**

Svrha ispitivanja je dokazati da su sastavni dijelovi vodikovog sustava otporni na velike promjene tlaka. Da se to dokaže, treba sastavne dijelove vodikovog sustava povrgnuti promjenama tlaka od atmosferskog tlaka do najvišeg dopuštenog radnog tlaka (MAWP, engl. *Maximum Allowable Working Pressure*) te natrag do atmosferskog tlaka u kratkom vremenskom razdoblju. Sastavni dijelovi vodikovog sustava ne smiju pokazivati znakove vidljivih deformacija ili izbočenja i moraju ispunjavati zahtjeve ispitivanja unutarnjeg i vanjskog propuštanja.

#### 4.1.4.5. Ispitivanje unutarnjeg popuštanja

Svrha ispitivanja je dokazati da na navedenim sastavnim dijelovima vodikovog sustava nema unutarnjeg propuštanja. Da se to dokaže, treba na sastavne dijelove vodikovog sustava uspostaviti tlaka i promatrati dolazi li do propuštanja. U sastavnim dijelovima vodikovog sustava ne smiju nastati mjehurići niti smije biti unutarnjeg propuštanja većeg od dopuštene vrijednosti.

#### 4.1.4.6. Ispitivanje vanjskog popuštanja

Svrha ispitivanja je dokazati da sastavni dijelovi vodikovog sustava ne propuštaju prema van. Sastavni dijelovi vodikovog sustava ne smiju pokazati znakove poroznosti.

### 4.2. Tekući vodik

Uredbom je propisano da svako vozilo mora imati jasno istaknutu oznaku prema slici 4.6



Slika 4.6. Oznaka za vozila s pogonom na vodik koja upotrebljavaju tekući vodik [18]

#### 4.2.1. Opći zahtjevi

Uredbom su propisane radne temperature koje moraju biti unutar sljedećeg područja:

- Prostor motora s unutarnjim izgaranjem:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$
- U vozilu (sve vrste pogonskih sustava):  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Odgovarajuće automatske mjere moraju se donijeti u suradnji s punionicom kako bi se osiguralo da ne dođe do nekontroliranog ispuštanja vodika tijekom postupka punjenja. U slučaju propuštanja ili ispuštanja para vodika, vodik se ne smije nakupljati u zatvorenim ili poluzatvorenim prostorima vozila

#### 4.2.2. Spremnik

Uredbom je propisano da kad je vozilo pripremljeno za uporabu, najniži dio spremnika za vodik ne smije smanjiti najmanji razmak od tla vozila. To se ne primjenjuje ako je spremnik za vodik odgovarajuće zaštićen, sprijeda i bočno, i ni jedan se dio spremnika za vodik ne nalazi niže od te zaštitne strukture. Tablicom 4.3 navedene su primjenjive metode ispitivanja namijenjene za uporabu tekućeg vodika.

Tablica 4.3. Primjenljive metode ispitivanja za spremnike za vodik namijenjene za uporabu tekućeg vodika [18]

Metode ispitivanja
Ispitivanje rasprskavanjem
Ispitivanje izlaganjem vatri
Ispitivanje najviše razine punjenja
Tlačno ispitivanje
Ispitivanje nepropusnosti

Primjer spremnika za uporabu tekućeg vodika tvrtke *Linde Gas*.



Slika 4.7. Primjer spremnika za uporabu tekućeg vodika tvrtke *Linde Gas* [19]

#### **4.2.2.1. Ispitivanje rasprskavanjem**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik za vodik djeluje sigurno dok nije prekoračena određena razina visokog tlaka, tlak rasprskavanja (koeficijent sigurnosti pomnožen s MAWP-om). Za dodjeljivanje homologacije vrijednost stvarnog tlaka rasprskavanja tijekom ispitivanja mora prekoračiti propisani najniži tlak rasprskavanja.

#### **4.2.2.2. Ispitivanje izlaganjem vatri**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik za vodik s protupožarnom zaštitom ne rasprskava kada je ispitan u propisanim uvjetima izlaganja vatri.

#### **4.2.2.3. Ispitivanje najviše razine punjenja**

Svrha ispitivanja je dokazati da sustav koji sprečava previsoko punjenje spremnika radi odgovarajuće i da razina vodika tijekom postupka punjenja nikada ne uzrokuje otvaranje uređaja za snižavanje tlaka.

#### **4.2.2.4. Tlačno ispitivanje**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik za vodik može izdržati propisanu razinu visokog tlaka. Da se to dokaže, u spremniku se tijekom propisanog vremena uspostavlja propisana vrijednost tlaka. Spremnik nakon ispitivanja ne smije pokazivati znakove trajnih deformacija ili vidljivih propuštanja.

#### **4.2.2.5. Ispitivanje nepropusnosti**

Svrha ispitivanja je dokazati da spremnik za vodik pod propisanim uvjetima ne pokazuje znakove propuštanja. Da se to dokaže, u spremniku se tijekom propisanog vremena uspostavlja nazivni radni tlak. Ne smije pokazivati znakove propuštanja kroz pukotine, pore ili druga slična oštećenja

### 4.2.3. Dijelovi pogona na vodik osim spremnika

Tablicom 4.4. su prikazane sve metode ispitivanja ovisno o dijelovima osim spremnika za uporabu tekućeg vodika.

Tablica 4.4. Primjenljivi postupci ispitivanja za komponente vozila na vodik, osim spremnika namijenjene za uporabu tekućeg vodika [18]

Komponente vozila na vodik	Metode ispitivanja										
	Tlačno ispitivanje	Ispitivanje vanjskog propuštanja	Ispitivanje izdržljivosti	Ispitivanje funkcionalnosti	Ispitivanje otpornosti na koroziju	Ispitivanje otpornosti na suhu zagrijanost	Ispitivanje starenja zbog ozona	Ispitivanje temperaturnim ciklusom	Ispitivanje tlačnim ciklusom	Ispitivanje podnošljivosti na vodik	Ispitivanje propuštanja na dosjedima
Uređaji za snižavanje tlaka	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗
Ventili	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Izmjenjivači topline	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Priključci za punjenje gorivom	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Regulatori tlaka	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Osjetnici	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Savitljivi vodovi za gorivo	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗



#### **4.2.3.1. Tlačno ispitivanje**

Svrha ispitivanja je dokazati da sastavni dijelovi vodikovog sustava mogu izdržati razinu tlaka koji je viši od radnog tlaka sastavnog dijela. Kada se tlak poveća do propisane vrijednosti na sastavnim dijelovima vodikovog sustava, ne smije biti vidljivih znakova propuštanja, deformacije, loma ili pukotina.

#### **4.2.3.2. Ispitivanje vanjskog propuštanja**

Svrha ispitivanja je dokazati da sastavni dijelovi vodikovog sustava ne propuštaju prema van. Sastavni dijelovi vodikovog sustava ne smiju pokazati znakove poroznosti.

#### **4.2.3.3. Ispitivanje izdržljivosti**

Svrha ispitivanja je dokazati da su sastavni dijelovi vodikovog sustava sposobni trajno pouzdano djelovati. Ispitivanje se sastoji od podvrgavanja sastavnog dijela vodikovog sustava određenom broju ciklusa ispitivanja pod propisanim uvjetima temperature i tlaka. Ciklus ispitivanja znači uobičajeno djelovanje (tj. jedno otvaranje i jedno zatvaranje) sastavnog dijela vodikovog sustava.

#### **4.2.3.4. Ispitivanje funkcionalnosti**

Svrha ispitivanja je dokazati da su sastavni dijelovi vodikovog sustava sposobni pouzdano djelovati.

#### **4.2.3.5. Ispitivanje otpornosti na koroziju**

Svrha je ispitivanja je dokazati da su sastavni dijelovi vodikovog sustava otporni na koroziju. Da se to dokaže, treba sastavne dijelove vodikovog sustava staviti u dodir s određenim kemikalijama.

#### **4.2.3.6. Ispitivanje otpornosti na suhu zagrijanost**

Svrha ispitivanja je dokazati da su nemetalni sastavni dijelovi vodikovog sustava otporni na visoku temperaturu. Da se to dokaže, treba sastavne dijelove vodikovog sustava izložiti zraku s najvišom radnom temperaturom.

#### **4.2.3.7. Ispitivanje starenja zbog ozona**

Svrha ispitivanja je dokazati da su nemetalni sastavni dijelovi vodikovog sustava otporni na starenje zbog ozona. Da se to dokaže, treba sastavne dijelove vodikovog sustava izložiti zraku s visokom koncentracijom ozona.

#### **4.2.3.8. Ispitivanje temperaturnim ciklusom**

Svrha ispitivanja je dokazati da su sastavni dijelovi vodikovog sustava otporni na visoke temperature. Da se to dokaže, treba izložiti sastavne dijelove vodikovog sustava tijekom propisanog vremena temperaturnom ciklusu od najmanje do najviše radne temperature.

#### **4.2.3.9. Ispitivanje tlačnim ciklusom**

Svrha ispitivanja je dokazati da su sastavni dijelovi vodikovog sustava otporni na velike promjene tlaka. Da se to dokaže, treba sastavne dijelove vodikovog sustava povrgnuti promjenama tlaka od atmosferskog tlaka do najvišeg dopuštenog radnog tlaka (MAWP) te natrag do atmosferskog tlaka u kratkom vremenskom razdoblju.

#### **4.2.3.10. Ispitivanje podnošljivosti na vodik**

Svrha ispitivanja je dokazati da metalni sastavni dijelovi vodikovog sustava (tj. cilindri i ventili) u dodiru s vodikom ne postaju krhki. U sastavnim dijelovima vodikovog sustava koji su izloženi učestalim ciklusima opterećenja moraju se izbjeći uvjeti koji bi mogli dovesti do mjestimičnog zamora materijala i inicijacije ili širenje pukotina u strukturi.

#### **4.2.3.11. Ispitivanje propuštanja na dosjedima**

Svrha ispitivanja je dokazati da ne dolazi do propuštanja sastavnih dijelova vodikovog sustava nakon što se ugrade u vozilo.

## 5. Usporedba propisa za obje vrste pogona

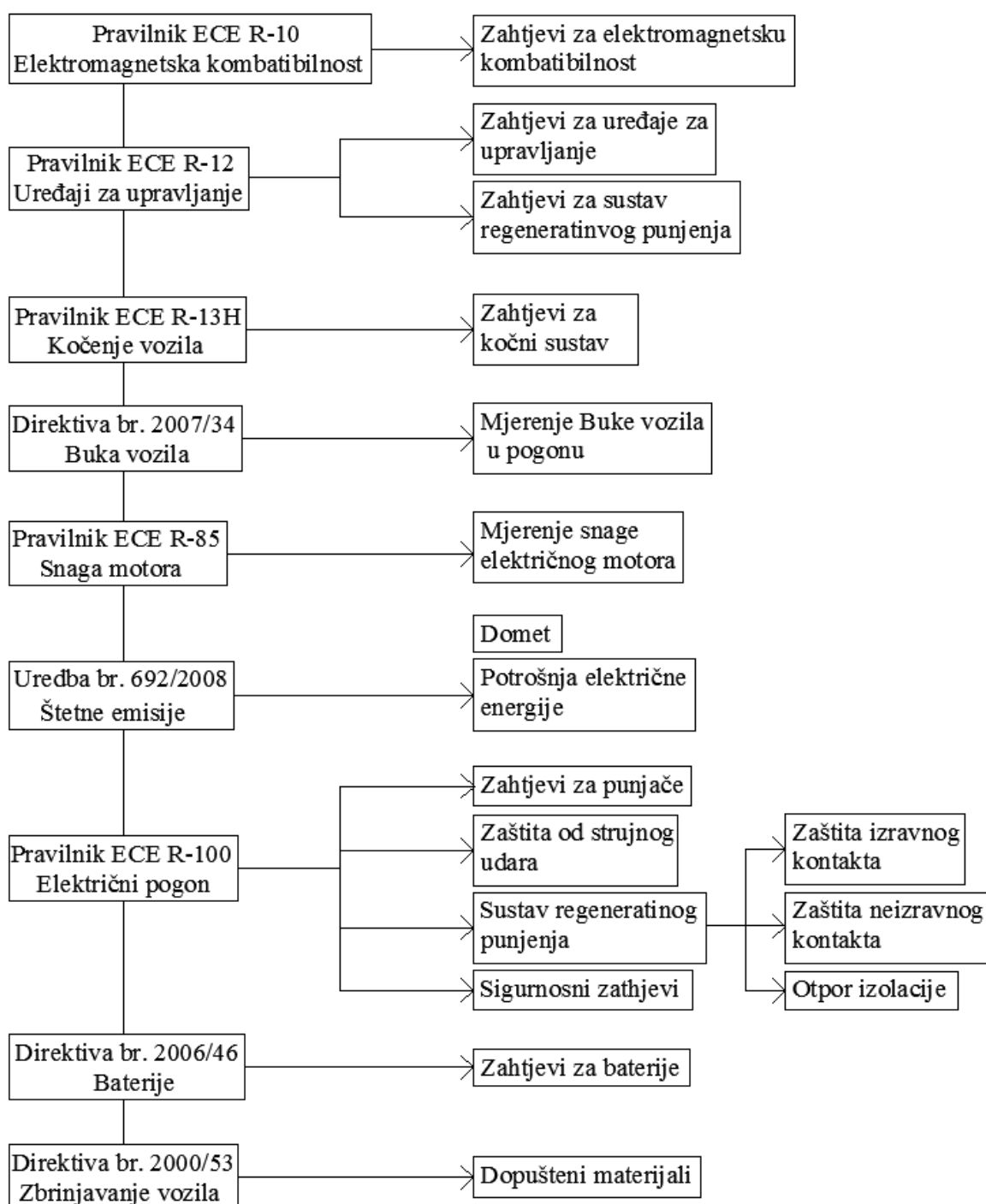
Tablica 4.1. prikazuje usporedbu propisa tj. Koji od navedenih pravilnika sadržavaju odredbe za električna vozila kao i za vozila pogonjena na vodik.

Tablica 5.1. Usporedba propisa za obje vrste pogone

Direktiva/Uredba Pravilnik	Kategorija	Električna vozila	Vozila pogonjena vodikom
R-10	Elektromagnetska kompatibilnost	✓	✗
R-12	Uređaji za upravljanje	✓	✗
R-13H	Kočenje vozila	✓	✗
2007/34	Buka vozila	✓	✗
R-85	Snaga motora	✓	✗
R-101	Emisije štetnih tvari	✓	✗
R-100	Električni pogon	✓	✗
2006/46	Baterije	✓	✗
2000/53	Zbrinjavanje vozila	✓	✗
406/2010	Pogon na vodik	✗	✓

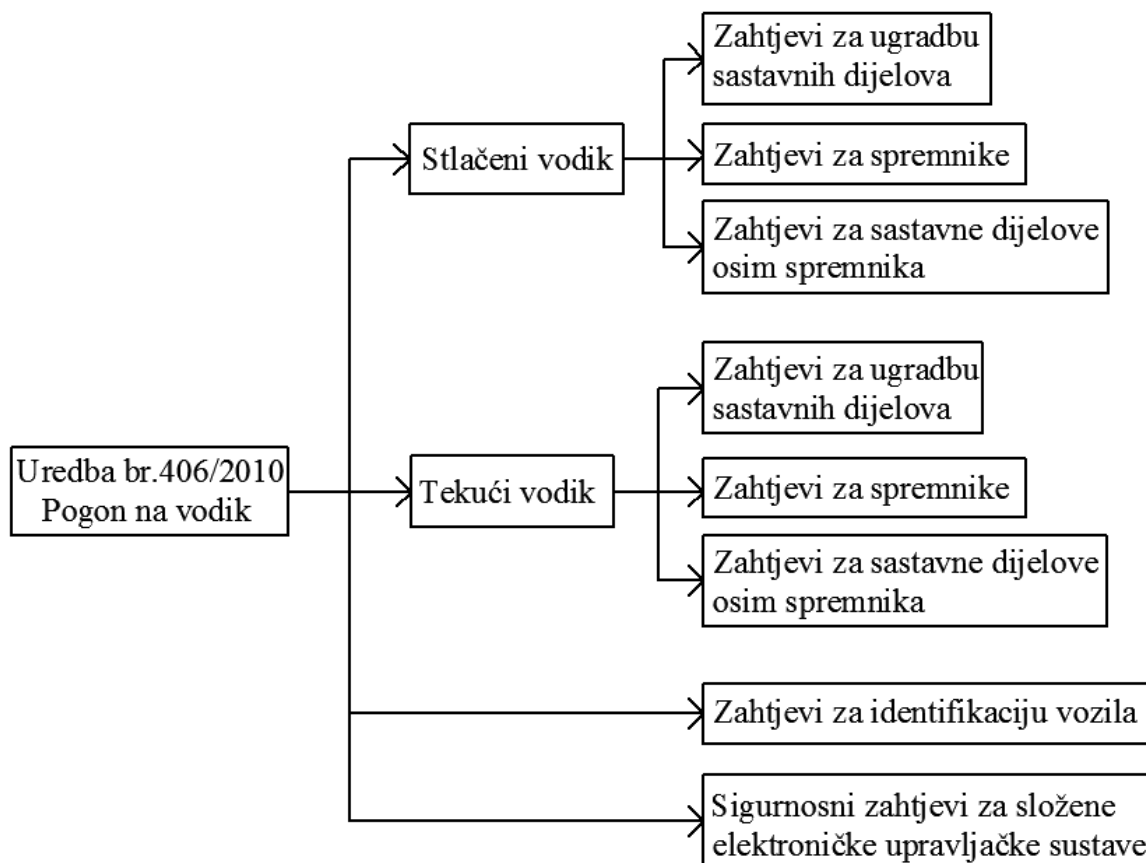
## 6. Shematski prikaz zahtjeva iz propisa nužnih da bi se vozilo homologiralo

Propisi koji proizlaze iz zahtjeva koji se odnose na električna vozila nužnih da bi se vozilo homologiralo su prikazani na slici 6.1.



Slika 6.1. Shematski popis zahtjeva za homologaciju vozila na električni pogon

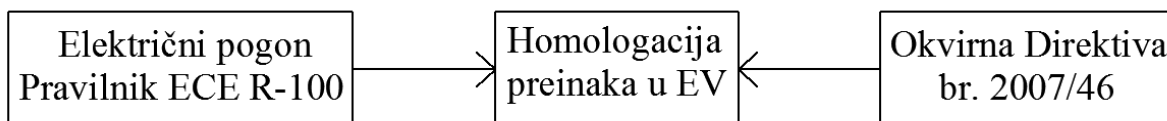
Propisi koji proizlaze iz zahtjeva koji se odnose na vozila pogonjena na vodik nužnih da bi se vozilo homologiralo su prikazani na slici 6.2.



Slika 6.2. Shematski popis zahtjeva za homologaciju iz Uredbe br.406/2010 za vozila pogonjena vodikom

## 7. Preinaka postojećih vozila s konvencionalnim pogonom u alternativne pogonske sustave

U današnje vrijeme prvenstveno zbog rasta cijene goriva, ali i po pitanju ekološke osviještenosti, sve više ljudi se okreće alternativnim pogonima svojih vozila. Električna vozila imaju prednost zbog relativno niske cijene električne energije, mogućnost punjenja vozila od kuće ali i jednostavnije održavanje naspram vozila na konvencionalna goriva. Jedan od ključnih nedostataka električnih vozila je domet kao i cijena te sama slaba ponuda na tržištu. Zbog ovih nedostataka većina električnih vozila u upotrebi su prerađena konvencionalna vozila. Ukratko, prerada u električno vozilo uključuje uklanjanje motora sa unutarnjim izgaranjem, mjenjača, kompletnog ispušnog sustava, spremnika za goriva sa pumpom, sustava za hlađenje, te ugradnju električnog motora za vožnju sa dovoljno velikom količinom baterija. Uglavnom osoba koja se upušta u sam posao preinaka mora vlastitim konstrukcijskim rješenjima zadovoljiti propise iz Pravilnika ECE R-100, kao i propise koji se odnose na ostale komponente iz okvirne Direktive br. 2007/46 prema slici 7.1. kako bi se vozilo homologiralo.

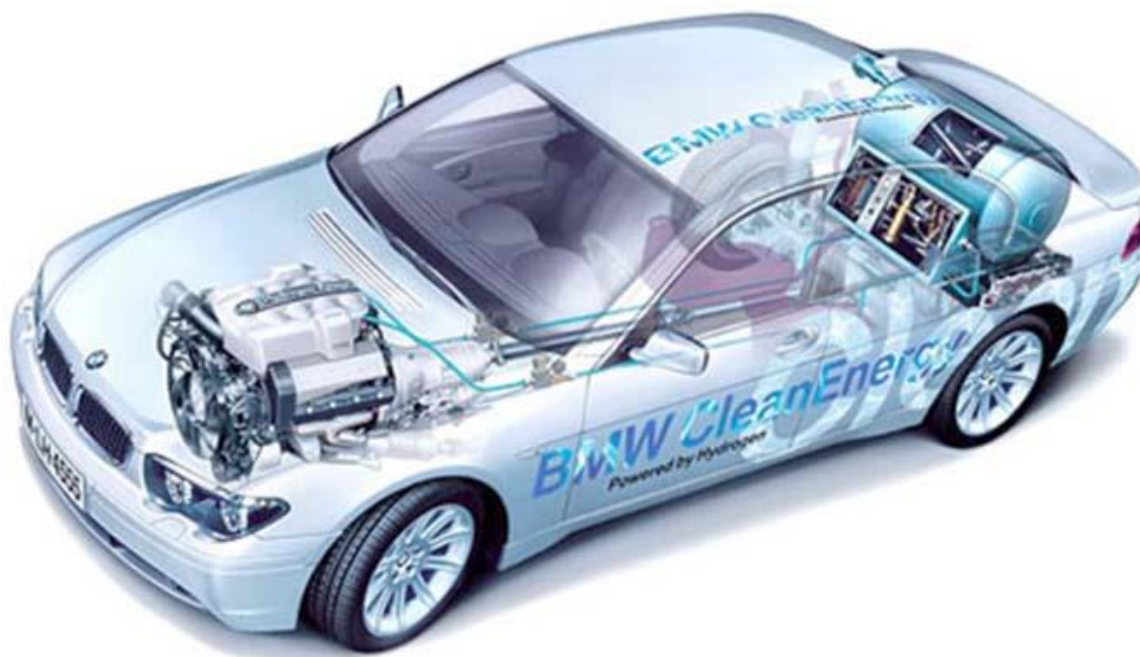


Slika 7.1. Shematski prikaz propisa koji se odnose na preinake u električno vozilo

Sa druge strane vozila pogonjena na vodik su rijetka pojava na cestama. Vodik kao gorivo za pogon vozila se može dobiti jedino iz rijetkih punionica. Lagano je upaljiv, te su za njegovo kućno skladištenje potrebni veoma skupi spremnici. Tako imamo primjer kada je BMW krajem 2006. godine predstavio seriju 7 „Hydrogen“ koja je modificirana verzija 760iL, pogonjena šest litarskim V-12 Otto motorom. Vozilo koristi skladišteni tekući vodik, koji se ubrizgava pri tlaku od 300 bar, te izgara u motoru. Proizvedeno je samo 100 primjeraka sa cijenom od \$118,000 te vozilo nije nikada pušteno u masovnu proizvodnju. Razlog tomu je i činjenica kada je vozilo predstavljeno postojalo je samo 5 punionica na svijetu tekućim vodikom, ali i velika u razlika u potrošnji (u l/100km naspram konvencionalnog vozila kako je prikazano u tablici 7.1.

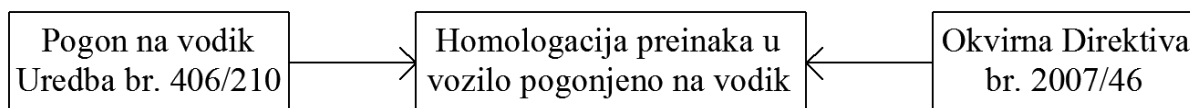
Tablica 7.1. Usporedba prosječne potrošnje goriva BMW-a serije 7 „Hydrogen“ [20]

Benzin	Vodik
13,9 l/100km	50 l/100km



Slika 7.2. BMW serije 7 „Hydrogen“ [20]

Preinaka konvencionalnog vozila u vozilo pogonjeno na vodik je cjenovno skupa ali i sa sigurnosnog pogleda veoma zahtjevana modifikacija. Osobe koje se upuštaju u preinaku moraju zadovoljiti propise iz Uredbe br. 406/2010 kao i propise iz okvirne Direktive br. 2007/46 prema shematskom prikazu na slici 7.3. kako bi se vozilo homologiralo.



Slika 7.3. Shematski prikaz propisa koji se odnose na preinake u vozilo pogonjeno na vodik

## **Zaključak**

Homologacija vozila je postupak ocjenjivanja i potvrđivanja da li je vozilo u cjelini, ili neki njegov dio ili oprema odgovara propisima Direktiva i Uredba Europske Unije odnosno UN ECE Pravilnicima. Analizom propisa koji se odnose na električni pogon vozila kao i pogon vozila na vodik utvrđeno je da u većini slučajeva Direktive kaskaju za ECE Pravilnicima. Tako u slučaju električnih vozila ne postoji propis koji obuhvaća električna vozila kao cjeline, nego samo električni pogon. Dok su propisi za homologaciju vozila pogonjena vodikom kao cjeline sa svom dodatnim opremom uključujući i spremnike pokrivena Uredbom.

Nedvojbeno je da se izvori resursa fosilnih goriva sve više smanjuju, to ukazuje da će goriva dobivena preradom nafte postati alternativni pogoni, a današnji alternativni pogoni, prvenstveno električna vozila konvencionalni pogoni.



## LITERATURA

- [1] Mahalec I.: Uvod u homologaciju vozila, 2011.  
[http://www.fsb.unizg.hr/miv/nastava/strojarstvo/Normizacija\\_motornih\\_vozila/Uvod%20u%20homologaciju%20vozila%202011.pdf](http://www.fsb.unizg.hr/miv/nastava/strojarstvo/Normizacija_motornih_vozila/Uvod%20u%20homologaciju%20vozila%202011.pdf) , 26.02.2014.
- [2] Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama, (NN 51/10, 84/10, 145/11 i 140/13)
- [3] Jedinstvene odredbe o homologaciji vozila u odnosu na elektromagnetsku kompatibilnost, UN ECE R-10, 2012.
- [4] Jedinstvene odredbe o homologaciji vozila s obzirom na zaštitu vozača od upravljačkog mehanizma u slučaju sudara, UN ECE R-12, 2012.
- [5] Jedinstvene odredbe o homologaciji osobnih automobila u odnosu na kočne uređaje, UN ECE R-13H, 2010.
- [6] Directive concerning the permissible sound level and the exhaust system of motor vehicles, 2007/34, 2007.
- [7] Jedinstvene odredbe o homologaciji osobnih automobila u odnosu na snagu vozila, UN ECE R-85, 2010.
- [8] Mahalec I., Lulić Z., Kozarac D.: Motori s unutarnjim izgaranjem, Zagreb, 2012.
- [9] Jedinstvene odredbe o homologaciji vozila s obzirom na mjerenje potrošnje električne energije i autonomije kretanja, UN ECE R-101, 2005.
- [10] Jedinstvene odredbe o homologaciji vozila s obzirom na posebne zahtjeve za elektropogon, UN ECE R-100, 2010.
- [11] Legal framework for the placing on the market of electric vehicles and related equipment, 2009.
- [12] International Standards and Conformity Assessment for all electrical, electronic and related technologies, 2014.  
<http://www.iec.ch/> , 26.02.2014.
- [13] SAE International, 2014.  
<https://www.sae.org/>
- [14] VDE Association Association of Electrical Engineers, 2014.  
<http://www.vde.com/en/Pages/Homepage.aspx> , 26.02.2014.
- [15] EV Plug Alliance, 2014.  
<http://www.evplugalliance.org/en/> , 26.02.2014.

- [16] Direktiva o baterijama i akumulatorima i o otpadnim baterijama i akumulatorima, 2006/66, 2006.
- [17] End of life vehicles, Directive 2000/53, 2000.
- [18] Jedinstvene odredbe o homologaciji motornih vozila s pogonom na vodik, Uredba 406/2010, 2010.
- [19] Linde Gas, 2014.  
<http://www.linde-gas.com/en/index.html> ,26.02.2014.
- [20] BMW Automobiles, 2014.  
<http://www.bmw.com/com> , 26.02.2014.
- [21] Visvikis C., Morgan P., Boulter P., Hardy B, Robinson B., Edwards M., Dodd M., Pitcher M.: Electric vehicles: Review of type-approval legislation and potential risks, 2010.